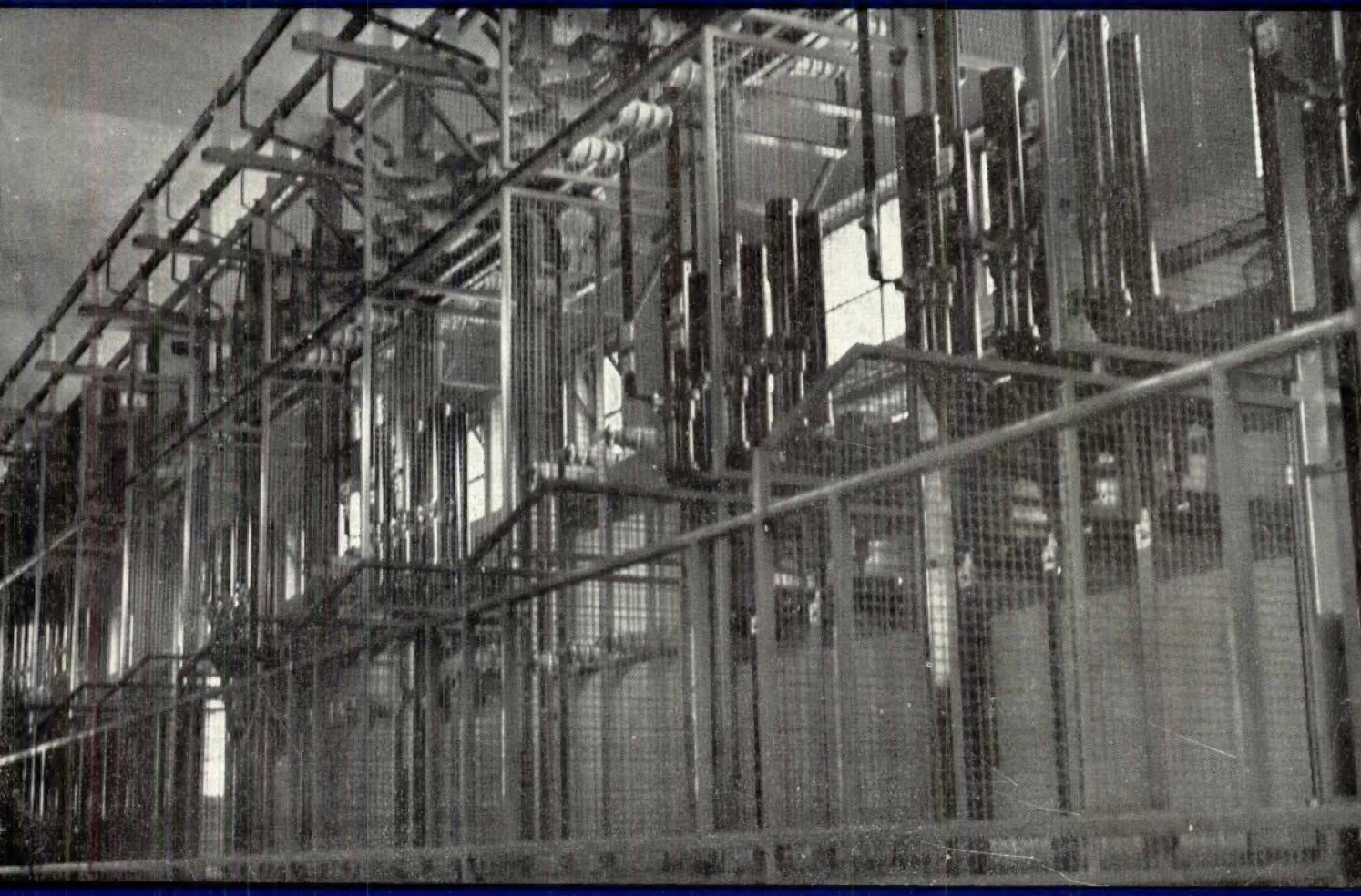
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.° 231-ABRIL-1953

CIMENTO SECIL

O CIMENTO COM AS MAIORES RESISTÊNCIAS

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **EVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO .... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO.. .. ... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loué, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXVIII - N.º 231 Abril de 1953

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I. S. T. * LISBOA - N. * TELEF. 7 0144 (Linha 50

DIRECTOR
MANUEL ALVES MARQUES

ADMINISTRADOR
JOSÉ MANUEL DA CRUZ MORAIS

SECRETÁRIO
FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA

CORPO REDACTORIAL
DUARTE LINO PIMENTEL
FERNANDO ALVES DA SILVA
JOÃO MADEIRA COSTA
NUNO M. DE ALMEIDA ALVES

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	55$00	100$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — CENTRO DE MOSCAVIDE — C. R. G. E. — Chegada dos cabos a 30 kV da Subestação de Sacavém

Págs

Formação do Engenheiro Mecânico

Pelo Dr. Abram Droz, Prof. do I. S. T. 383

Comando Hidráulico de Comportas

Pelo Eng.º Mec. Dipl. (I. S. T.) Luciano de Faria, 1.º Assistente I. S. T. 391

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 410

Desestanhamento Electrolítico — Ensaios-Piloto

Pelo Eng.º Quím.-indust. (I. S. T.) Manuel Chagas Roquete . . . 411

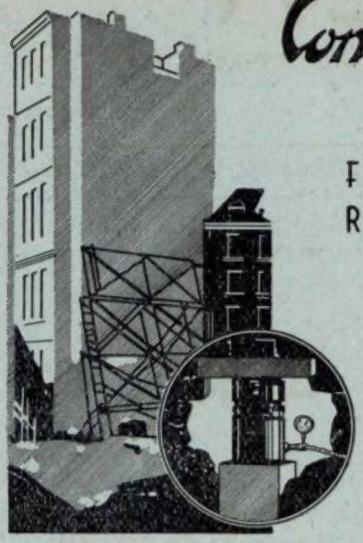
Vida Escolar e Associativa — Pontos de exame 422

Determinação de tensões com vernizes frágeis

Por Joaquim Laginha Serafim, Eng.º Chefe da Secção de Barragens do Laboratório Nacional de Engenharia Civil 423

Biblioteca 444

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES



Consolidação de Fundações

TODOS OS PROBLEMAS DE CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES PODEM SER RÁPIDA E ECONÓMICAMENTE RESOLVIDOS POR INTERMÉDIO DE ESTACAS

MEGA

CRAVADAS POR MEIO DE MACACO HIDRÁULICO E PORTANTO SEM VIBRAÇÕES, FUMOS OU RUÍDOS, SENDO AINDA DE ACONSELHAR O SEU EMPRÊGO EM ESTALEIROS DE DIMENSÕES REDUZIDAS.

FUNDAÇÕES FRANKI

SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA L.DA

PRAÇA DA ALEGRIA 20 R/C LISBOA

EMPREZA DE CIMENTOS DE LEIRIA

MARCA REGISTADA

LIZ

FABRICA EM MACEIRA-PORTUGAL

CIMENTO PORTLAND ARTIFICIAL

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

TÉCNICA

DIRECTOR — MANUEL ALVES MARQUES ADMINISTRADOR — JOSÉ M. CRUZ MORAIS
SECRETÁRIO — FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA
CORPO REDACTORIAL — DUARTE LINO PIMENTEL, FERNANDO M. ALVES DA SILVA, JOÃO M. MADEIRA COSTA, NUNO M. ALMEIDA ALVES

Ano XXVIII - N.º 231 Abril de 1953

C. D. 621.001.7

FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO MECÂNICO

PELO DR. ABRAM DROZ
Prof. do I. S. T.

Conferência realizada no Instituto Superior Técnico, em 20 de Abril de 1953, integrada na «Semana de Máquinas», organizada pela A. E. I. S. T.

SR. REPRESENTANTE DO SR. DIRECTOR-GERAL DO ENSINO SUPERIOR E DAS BELAS-ARTES
SR. DIRECTOR DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
PREZADOS COLEGAS
MINHAS SENHORAS E MEUS SENHORES.

A convite da Comissão Organizadora da Semana de Engenharia Mecânica, e como professor mais antigo da respectiva secção do I. S. T. vou-lhes falar, esta noite, da «Formação do Engenheiro Mecânico».

Este tema engloba vários outros e não pode ser tratado pormenorizadamente numa conferência de escassos minutos; por isso eu me limitarei a escolher, entre os vários assuntos que podem ser estudados, alguns com aspectos mais típicos.

Este tema é sempre de actualidade; recordo-me que no tempo, já remoto, quando eu mesmo era estudante, de uma conversa que tive com o Professor Stodola, em que ele dizia que seria conveniente prevenir os estudantes sobre a vida que os espera. Os anos foram passando, eu próprio sou agora um dos três últimos professores que ficam do tempo da organização do nosso Instituto, e o problema subsiste sem grande mudança.

Se estiverem de acordo, vamos estudá-lo por um processo pouco usual: seguiremos o caminho clássico do estudo de uma fabricação nova. Esta maneira de proceder vai-nos poupar tempo; e o tempo é tudo. Poucas profissões exigem um tal respeito do tempo como a do engenheiro, e este respeito ajuda a criar no engenheiro a bem conhecida deformação profissional.

Vamo-nos deixar arrastar por esta deformação e considerar o engenheiro, não mais como um ser vivente, mas como um produto que vamos fabricar e lançar no mercado. Desculpem-me a irreverência do procedimento.

Fabricando um produto, devemos dar-lhe as características necessárias para que ele tenha boa aceitação por parte do mercado. Isto nos levará a estudar em primeiro lugar o mercado. Por via de consequência, conheceremos então quais deverão ser as características do nosso «produto».

Conhecidas estas características, poderemos então pensar na sua «fabricação», estudando o «plano geral de fabrico». Quem diz fabricação diz «transformação de matérias-primas». Isto põe-nos em face do problema das «matérias-primas» e do abastecimento em matérias-primas. No nosso caso a matéria-prima básica são os alunos saídos dos liceus. A «transformação» efectuar-se-á nas escolas superiores. Mas nós apercebemo-nos imediatamente que estas matérias-primas, saídas dos liceus, não são, na realidade matérias-primas mas sim produtos semi-fabricados. Se estes produtos semi-fabricados tiverem exactamente as características a que eles devem satisfazer para se enquadrar perfeitamente no «plano geral de fabricação», tudo estará bem. Mas, se tiverem dificiências, estas últimas vão-se reflectir na última fase da fabricação ou seja nas escolas superiores. Nesta última hipótese, convirá rever o problema da fabricação até aos semi-fabricados, isto é, rever o problema dos liceus. E, tentando fazê-lo, veremos que este problema envolve, por seu turno, o problema da matéria-prima à entrada dos liceus, matéria-prima que pode variar, embora duma maneira menos acentuada, conforme a preparação anterior.

Vemos, portanto, que a formação completa abrange o indivíduo desde a sua infância e que nenhuma parte desta formação pode ser descuidada sem correr o perigo de se reflectir desfavoràvelmente no conjunto.

Da aceitação por parte do mercado

Vou começar por enunciar algumas verdades evidentes:

Para que o nosso produto encontre aceitação, é preciso, primeiro que haja falta deste produto, isto é que haja vaga, se segundo, que a qualidade do nosso produto corresponda às características exigidas nestas vagas.

A primeira destas condições vai regular a quantidade e a segunda, a qualidade dos produtos que vamos poder colocar. Ambas estas condições devem ser satisfeitas simultaneamente para que tudo corra bem.

A questão da colocação dos nossos engenheiros, como, de resto, a dum produto qualquer, assemelha-se muito à ligação duma máquina eléctrica de corrente contínua, numa central que debita corrente numa rede, e que possui uma bateria de acumuladores ligada em paralelo. Deve-se começar por igualar a tensão da máquina à da rede, antes de ligar. Esta operação corresponde à qualidade acima definida. Uma vez a ligação feita, a corrente que a máquina debita deverá ser absorvida na rede; se não for totalmente absorvida, o saldo irá para a bateria; isto corresponde aos stocks no caso de mercadorias e ao desemprego, coisa muito mais grave, no caso de seres humanos.

Não vou falar deste último aspecto da questão, porque ele será tratado, numa conferência futura, pelo meu colega, o Sr. Prof. Sequeira. Limitar-me-ei a considerar os aspectos da «tensão» ou seja da «qualidade», do «potencial técnico» dos nossos engenheiros. Isto me leva muito naturalmente a falar-lhes de uma noção extraída da economia política e industrial: a das pirâmides.

Das pirâmides

Peço desculpa aos Colegas a quem as noções que seguem são familiares, mas tenho que as desenvolver, embora sumàriamente, para os auditores novos.

Encaremos uma indústria qualquer, pertencendo, por exemplo ao ramo das máquinas, e seja um sistema ortogonal de 3 eixos, x, y, z. Em planos paralelos ao plano $x - y$, vamos representar por uma superfície, quadrada ou circular, o número de oficinas ligadas a esta indústria, que possuem um potencial económico determinado. A distância z entre cada um destes planos e o plano $x - y$ será igual ao potencial considerado (Fig. 1).

Tomando a precaução que o centro destes quadrados ou circulos coincida com o eixo z e ligando as periferias destas superfícies, obtém-se um corpo, que lembra uma pirâmide. O corte deste corpo pelo plano x-z é representada pela curva seguinte (fig. 2).

Que nos ensina esta curva?

Que as empresas de potencial económico fraco são as mais numerosas, ocupam a maior superfície num plano vizinho do plano x-y, e que, à medida que nós subimos na escala económica, encontramos empresas em número cada vez menor.

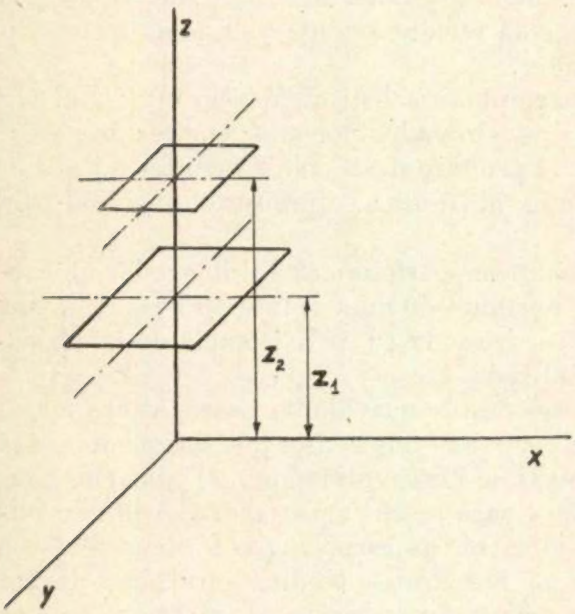


Fig. 1

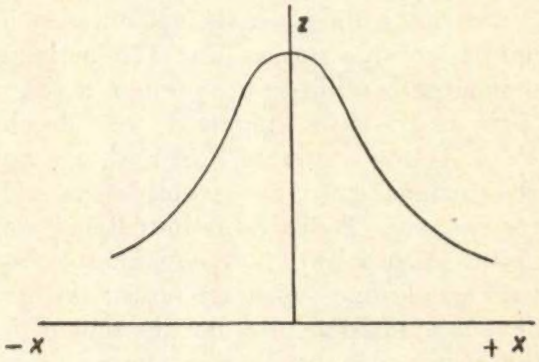


Fig. 2

Num país absolutamente novo, em vez duma pirâmide, teremos uma superfície plana, e os valores de z desaparecerão. É o esforço humano que cria a pirâmide, que faz nascer os valores de z. Quanto mais intenso for, quanto mais favoráveis forem as circunstâncias exteriores, tanto mais alto subirá a pirâmide. Quando se suprime este esforço, ou quando circunstâncias desfavoráveis venham aniquilar o produto deste esforço, imediatamente os valores de z diminuem, a pirâmide tende a abater, a desaparecer e a voltar a uma superfície horizontal. Parece que há aí uma lei fatídica, tão inexorável como a da gravidade, que quer nivelar tudo pela base e que podemos definir: «A gravidade económica opõe-se ao aumento do potencial económico». Só o esforço humano, mantido, prolongado, permite à pirâmide aguentar-se. Suprimindo-o, tudo desmorona, tudo regressa ao estado natural, primitivo, informe. É uma lei da natureza.

Vamos poder tirar desta digressão uma dedução importante: O nosso «produto», o engenheiro, é destinado à comunidade económica; ele deve integrar-se na pirâmide; ele deve, como estas peças recortadas dos «puzzles» ingleses, encaixar-se nas peças vizinhas. Se tiverem um país novo, a potencial económico muito baixo, encontrarão nele a possibilidade de ocupar engenheiros especializados? Não. Vice-versa, num país de pirâmide com valores de z muito elevados, encontrarão emprego para engenheiros com uma preparação fraca? Também não.

Vemos, pois, que a preparação do engenheiro deve ser adequada à sua utilização futura, isto é, à indústria considerada e à sua pirâmide.

Cada país tem as suas pirâmides próprias, em via de perpétua evolução; as escolas

que preparam os engenheiros devem ter um carácter essencialmente adaptado àquelas pirâmides. É uma regra fundamental.

O estudo mais detalhado das pirâmides, ensina-nos pormenores dos mais interessantes.

Por exemplo, subindo na escala do potencial económico, verificamos que o número de operários por cada engenheiro, vai diminuindo constantemente. Simultâneamente, a especialização do engenheiro vai crescendo, e o trabalho manual é substituído cada vez mais pelo trabalho da máquina. O rendimento das horas de trabalho vai aumentando e o preço de custo dos produtos fabricados vai baixando.

Temos até agora considerado uma única pirâmide. Na realidade, cada país tem uma grande quantidade de pirâmides, cada uma referente a um ramo de actividade. O integral destas pirâmides é de novo uma pirâmide que nos dá imediatamente uma ideia da potência económica total do país nos ramos considerados.

Para se calcular esta última, basta por exemplo, a substituição seguinte: Em vez do número de oficinas, a quantidade de produtos fabricados por ano; em vez de potencial económico, o preço de custo do produto. O produto destes dois factores dá-nos os valores criados por ano, da mesma maneira que na hidráulica, o produto do caudal pela altura de queda nos dá a potência.

Em cada país, há actividades que se encontram perfeitamente integradas na economia geral e outras que são mais artificiais, portanto de uma vida mais precária. Nas primeiras contam-se as que têm a sua razão de ser baseada ou na existência de matérias-primas, ou na existência de mão de obra especializada.

Temos aqui, em Portugal, exemplos frisantes destas actividades baseadas nas matérias-primas. Cito por exemplo, as indústrias da cortiça, das conservas, dos azeites, das resinas, etc. Todas estas indústrias são susceptíveis de desenvolvimento. Todas elas precisam ou precisarão de engenheiros ou de técnicos para as fazer progredir. Aqui, encontramos alguma coisa de novo: As grandes escolas ou as escolas que formam técnicos devem evidentemente dar aos seus diplomados uma preparação técnica geral, mas devem também poder prepará-los para indústrias cuja existência se baseia nas matérias-primas produzidas no país. Isto leva-nos à conclusão de que as grandes escolas não podem nem devem ter os mesmos programas em toda a parte do mundo, mas devem ter a índole local que convém ao país que elas servem.

Vou agora dizer algumas palavras sobre uma indústria baseada na existência de mão de obra especialisada: a dos relógios, existente numa parte restrita da Suíça ocidental.

É uma indústria de extrema precisão, que comporta soluções muito engenhosas. A execução destas soluções requer o trabalho calmo dos longos serões de inverno, quando a neve, durante meses recobre o país e obriga os habitantes a ficar em casa a trabalhar para fazer passar o tempo. Procurou-se transplantar esta indústria. Construiram-se nos Estados Uidos fábricas enormes, mas quando se trata de alta precisão, os Americanos compram na Suíça. Temos aí um exemplo típico duma indústria criada artificialmente numa região, mas que tem raíses sólidas, e que deve estas raíses à influência que tem o clima e a terra sobre a mão de obra.

Vimos quais são as colocações que podemos chamar naturais, para os nossos engenheiros. Nós a chamamos naturais, porque o engenheiro continua a fazer técnica, o que corresponde à sua formação profissional. Ora, vou chamar a vossa atenção para uma dissonância existente:

Se V. penetrarem, como compradores, numa grande fábrica ou numa grande organização industrial do estrangeiro, serão recebidos por autênticos engenheiros, com formação técnica completa, que farão o reclame dos seus produtos, elaborarão orçamentos, esforçar-se-ão, em resumo, para «fazer negócios». Curiosa aplicação de conhecimentos,

aquela. Eis aqui engenheiros, tendo sacrificado anos a estudar, com os inevitáveis sacrifícios dos pais, cuja actividade se resume depois a folhear catálogos, calcular preços de venda, fixar comissões, actividade comercial, esta, e não técnica. Pergunta-se: Porquê este esbanjamento de dinheiro e energia? Não seria mais lógico dar-lhes uma sólida preparação comercial, acompanhada das noções técnicas necessárias para desempenhar a sua missão?

Outro esbanjamento: Sabe-se que de 100 orçamentos, estabelecidos com grandes despesas em todos os seus pormenores, só 5, máximo 10 %, dão lugar a uma encomenda. 90 a 95 % dos engenheiros, desenhadores, etc., ocupados no estabelecimento destes orçamentos, trabalham em pura perda. E todavia, têm que viver. Como? Em prejuízo dos preços de custo, portanto dos preços de venda dos produtos considerados. Há aí uma praga da nossa organização técnica actual. Se, por um processo a descobrir, se conseguisse eliminar estas perdas, os preços de custo baixariam e o «standard» de vida subiria. Mas como consegui-lo?

Há todavia uma conclusão a tirar do que precede: É que a orientação actual, que consiste em formar tècnicamente o engenheiro para o orientar depois para o comércio, é irracional e deve ser substituída por outra ainda por descobrir.

Do «plano de fabricação»

Nós vimos que as escolas superiores recebem dos liceus produtos semi-fabricados e que a bagagem de conhecimentos que os alunos trazem dos liceus deve ser cuidadosamente escolhida para se enquadrar perfeitamente no «plano de fabricação».

Pergunta-se: Não haverá no conjunto dos estudos, «escola primária, liceus, escolas superiores» alguma coisa que tenha um carácter constante, a que se tenha que atender desde o princípio? Sim, há duas coisas tão importantes, uma como a outra: as línguas e os trabalhos manuais.

Comecemos pelas línguas.

O engenheiro português precisa conhecer, pelo menos três línguas estrangeiras: o inglês, o alemão, o francês.

Aprender estas línguas quando o estudante já se encontra nas escolas superiores e precisa delas para os seus estudos, é demasiadamente tarde. Uma criança aprende as línguas estrangeiras, brincando com outras crianças e sem o menor esforço. Ora, já vimos que o que conta é chegar a um resultado determinado com o menor dispêndio de energia possível; portanto, as línguas devem-se aprender o mais cedo possível.

O problema das línguas é capital e deve ser revisto e remodelado em quase todos os países do mundo, porque o ensino das línguas, tal como é feito actualmente não é racional.

O segundo ponto, tão importante como o das línguas para os futuros engenheiros, é o desenvolvimento do sentido do concreto e este sentido desenvolve-se com os trabalhos manuais, começados muito cedo.

É um facto conhecido que as crianças possuem uma faculdade de apreensão do concreto considerável, faculdade que diminui mais tarde em proveito de outras que, na infância existem apenas no estado latente.

Ora, ter o sentido do concreto corresponde a uma formação mental indispensável para o engenheiro.

Não tenho a possibilidade de tratar mais pormenorisadamente dos trabalhos

manuais, por falta de tempo. Chamo apenas a atenção dos meus auditores para o esforço feito nesto sentido, na Suécia.

Vem agora o desenho técnico:

Não sei se o desenho continua a ser ensinado só até ao 3.º ano do liceu. O certo é que não deve haver interrupção neste ensino e que os alunos deveriam chegar às escolas superiores sabendo desenhar o que representaria uma economia enorme de tempo.

O desenho é a linguagem por excelência do engenheiro, sem a qual ele não pode fazer nada.

O desenhador deve ver os objectos no espaço, olhando para um desenho plano. Esta faculdade existe num grau mais ou menos desenvolvido na maioria dos indivíduos. Os que não a possuem deveriam reflectir se não conviria escolher uma outra carreira do que a de engenheiro.

Esta faculdade, todavia, é susceptível de se desenvolver pelo exercício, sobretudo na idade da adolescência; e é precisamente nesta idade que se interrompe ou interrompeu o estudo do desenho nos liceus.

Procura-se remediar à falta da faculdade de representação plástica (ver no espaço) por meio do desenho em perspectiva. Sem querer minorar estes esforços louváveis, deve-se reconhecer que o que conta para o engenheiro é a representação ortogonal, a única que permite manter rigorosamente a relação entre as dimensões relativas das partes componentes duma peça, e sobretudo que permite andar mais depressa, portanto melhorar o rendimento do seu esforço.

Vem agora a questão das *oficinas,* encarada debaixo do ponto de vista do plano geral «de fabricação».

Os nossos alunos, no I. S. T. executam trabalhos nas oficinas de carpintaria e de serralharia. Reconheço o esforço louvável ali praticado, esforço aliás indispensável para dar sentido prático ao aluno. Mas pergunto:

Não seria infinitamente preferível que o aluno, ao entrar na nossa escola, conhecesse estas coisas, o que permitiria utilizar a oficina de serralharia, por exemplo, para estudos da verdadeira índole dos engenheiros mecânicos, em particular a produtividade e o rendimento das máquinas-ferramentas, etc.?

Convém frisar que nunca se pedirá a um engenheiro que execute um trabalho perfeito de serralharia, mas sim que saiba orientar a execução dum trabalho. Para saber orientar, é preciso ter executado, embora com menor perfeição. Não é olhando para um trabalho em curso de execução que se aprende; é preciso ter os comandos da máquina na mão, senão os pormenores escapam.

Um outro ponto interessante:

Possuimos, no laboratório de máquinas do I. S. T. um certo número de motores que são periòdicamente desmontados e depois montados pelos alunos, isto com o fim de os familiarizar com a sua anatomia. Pergunto:

Não seria mais racional que estes trabalhos se fizessem mais cedo, muito antes de entrar no I. S. T.? Todo o tempo gasto nestas desmontagens e montagens poderia ser empregado em trabalhos correspondentes muito mais ao nível superior do ensino no I. S. T.

Em resumo, olhando, em conjunto, sobre o que acaba de ser exposto, vimos que há um grande número de conhecimentos que devem ser adquiridos mais cedo, ou melhor, muito antes de entrar no I. S. T.

É de aconselhar fazer o estudo duma coordenação mais íntima dos programas das disciplinas fundamentais ensinadas nos últimos anos dos liceus e nos primeiros das escolas superiores, de maneira a evitar a repetição das mesmas matérias. Quem nos diz que este estudo, cuidadosamente feito, não permitirá encurtar de 1 ano a duração total dos estudos.

Vem enfim a última transformação: As grandes escolas do Porto e Lisboa.

O tempo de que disponho é demasiadamente escasso para que possa tratar pormenorisadamente o problema das grandes escolas; mas vou destacar as directrizes que resultam do estudo deste problema.

O que pretendemos, primeiro? Formar engenheiros que se possam adaptar fàcilmente na economia nacional, que sejam portanto, *úteis*.

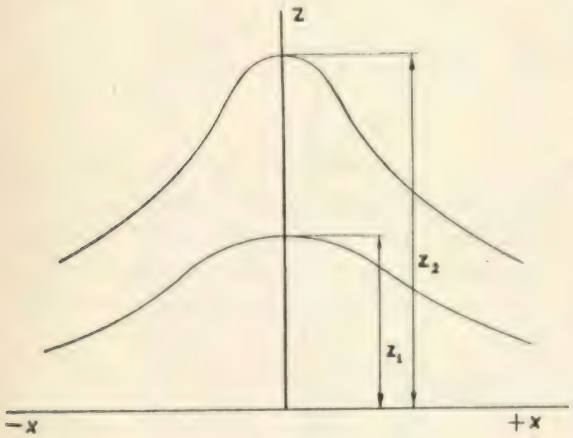


Fig. 3

As escolas só podem formar, por razões fáceis de compreender, um tipo único de engenheiros quanto ao grau de especialização, muito embora possa haver mais duma especialidade. Este grau de especialização deduzir-se-á das pirâmides no seu estado actual; ele deve ser superior à ordenada máxima Z_1, da figura 3. Tudo deixa prever uma subida do potencial económico, com a nova ordenada máxima Z_2 que obrigará mais tarde as escolas a rever a questão. Duas soluções serão viáveis a princípio: aumentar o grau de especialização (que corresponde à ordenada total Z_2), ou aumentar o número de especialidades, (o que corresponde a dividir esta ordenada Z_2 em troços).

No estado actual de desenvolvimento da indústria, são mais úteis os engenheiros susceptíveis de se adaptar a empresas de potencial económico mais modesto, porque estes engenheiros, que têm uma preparação superior á que seria estrictamente necessária para estas empresas, as farão progredir.

Para formar os nossos engenheiros, de que meios dispomos?

1.º Do treino nas salas de construção e
2.º Do treino nos laboratórios.

Actualmente nas salas de construção o treino faz-se durante 3 anos, no 4.º, 5.º e 6.º anos. Este treino é insuficiente. É preciso prever as coisas para que ele passe a ser de 4 anos em vez de 3. Isto é possível, com a condição dos alunos entrarem nas escolas superiores com uma preparação mais completa em desenho.

Quanto ao treino nos laboratórios, infelizmente, os nossos alunos não o podem fazer na medida que desejaríamos. Só dispomos dum pequeno laboratório de máquinas térmicas insuficiente para a função que tem que desempenhar; não temos laboratório de tecnologia, nem de hidráulica mecânica.

O treino nos laboratórios é tão importante como o das salas de construção; ambos concorrem para a formação da mentalidade do engenheiro, dando-lhe um cunho prático que não pode adquirir doutra maneira. Se faltar um ou se um deles for insuficiente, imediatamente a formação do engenheiro ressentir-se-á desta falta.

Tenho ouvido formular críticas acerca do ensino que ministramos no I. S. T. Pretende-se que o nosso ensino é muito teórico, demasiadamente carregado em pormenores e não tem bastante o cunho prático.

É evidente que se deve ter em conta a parte de exagero contido nestas críticas; um facto permanece, porém, absolutamente certo:

Estas críticas desaparecerão, como por encanto, no dia em que podermos submeter os nossos alumos ao treino intensivo de construção e de laboratórios a que acima se aludiu.

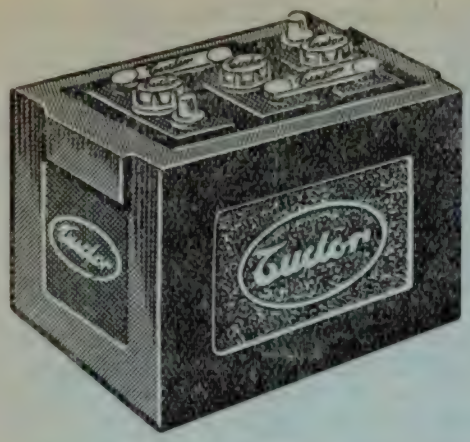
ORDEM DOS ENGENHEIROS

Publicou o Boletim da Ordem dos Engenheiros no seu número 8, de 15 de Abril de 1953, um relatório muito completo sobre o problema do desemprego dos engenheiros em Portugal. Dada a grande importância que o problema reveste entendeu a Direcção da A. E I. S. T. dever copiografar esse documento e distribuir cerca de 300 exemplares aos alunos do Instituto Superior Técnico por intermédio dos respectivos delegados de Curso. Todos os interessados se devem dirigir à Secretaria da A. E. I. S. T.

* * *

Com o intuito de não interromper a continuidade de interesse do Estudante de Engenharia pelos problemas associativos decidiu a Ordem dos Engenheiros destribuir aos Alunos Finalistas do Instituto Superior Técnico o seu Boletim. Pedimos aos estudantes interessados na sua aquisição — gratuita ou onerada — o comuniquem à Sede da A. E. I. S. T.

A Direcção da A. E. I. S. T.



PARA: AUTOMÓVEIS, CAMIONETAS, MOTOS, BARCOS, ETC., ETC.

BATERIAS

Tudor

PILHAS SECAS

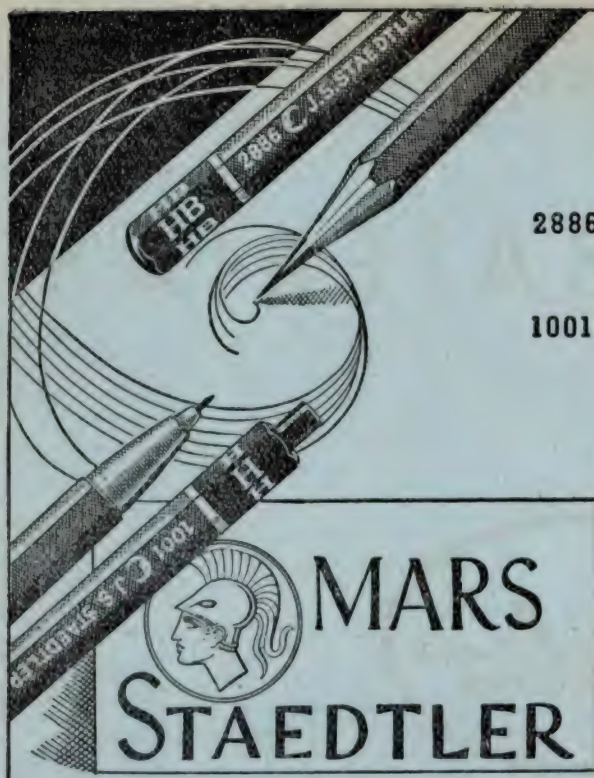
PARA: LANTERNAS, CAMPAINHAS, RÁDIORECEPTORES, TELEFONES, TELÉGRAFO, SINALIZAÇÃO, APARELHAGEM MEDICIONAL, APARELHOS DE SURDEZ, ETC., ETC.

SOCIEDADE PORTUGUESA DO ACUMULADOR Tudor

FÁBRICAS:
DAFUNDO
E
CASTANHEIRA
DO RIBATEJO

ADMINISTRAÇÃO E ESCRITÓRIOS:
AV. FONTES PEREIRA DE MELO, 12
TELEF. P. B. X. 5 1947 E 4 3226
LISBOA

OFICINAS E VENDAS:
RUA DO ALECRIM, 99
TELEF. 2 0823
AV. ALMIRANTE REIS, 68-A
TELEF. 5 1948
LISBOA



MARS - LUMOGRAPH

O lapis universal de traço espesso para escrita e todos os desenhos, dando reproduções de planos impecaveis

2886 **MARS-LUMOGRAPH** o lapis com 19 graus de dureza especialmente estudados

1001 **MARS-LUMOGRAPH-TECHNICO,** a lapiseira moderna com saida da mina por pressão, impecavelmente equilibrada quanto á distribuição do peso, de execução perfeita, com as minas 1903 em 15 graus de dureza

Representantes gerais em Portugal:
Ahlers, Lindley, Lda.
Rua Ferregial de Baixo 33-2º
Lisboa
Telefones 21321/4

PRODUTOS

ao serviço da técnica e da inteligência

ANTIFERRUGINOSOS
IMPERMEABILIZANTES
ANTICORROSIVOS

Todas as grandes obras da Alemanha, Bélgica, França, Portugal e Suíça confiaram a **«INERTOL»** sua defesa e garantia das milionárias somas aplicadas.

Presta-se assistência especial a cada caso e agradece-se qualquer consulta:

No Sul — **A. dos Santos Júnior**
Lisboa — Rua Castilho, 57, solo E.

No Norte — **A Algodoeira W. Stam, Lda.**
Porto — Rua Sá da Bandeira, 562-4.º

PRODUTOS
DYRUP

UMA TINTA QUE PINTA

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.

SACAVÉM — PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105 E 186
LISBOA 42651 42156

C. D. 626.4-82

COMANDO HIDRÁULICO DE COMPORTAS

PELO ENG.º MECÂNICO DIPLOMADO (I. S. T.) LUCIANO DE FARIA
1.º Assistente I. S. T.

O presente trabalho é o resumo e a adaptação do trabalho final de curso. A extensão de que se revestiu e o carácter industrial com que foi apresentado obrigou a adaptá-lo para poder ser lido (1) *e publicado.*

I — Comandos hidráulicos — Generalidades

A — Comandos hidráulicos e comandos eléctricos — Sua comparação

Comando é, de um modo geral, o acto que provoca a uma velocidade determinada um movimento cujo sentido e força são reguláveis quer manualmente, quer automàticamente, a partir de um quadro de comando.

Qualquer comando é caracterizado, em geral, por 4 elementos:

— um emissor ou produtor de energia
— um amplificador de energia
— um receptor ou dispositivo de accionamento directo,
— um comando pròpriamente dito («asservissement») que controla a amplificação da energia.

As energias que existem actualmente à disposição para poderem ser utilizadas num comando são as energias hidráulica, eléctrica e mecânica.

A comparação que pode ser feita entre comandos, utilizando os diferentes tipos de energia, baseia-se em dois aspectos:

— o peso total de aparelhagem
— as características de funcionamento

O peso total da aparelhagem varia com os seguintes factores:

— o peso das condutas (para os comandos eléctricos e hidráulicos),
— peso dos diferentes órgãos,
— factor de ampliação
— precisão de transmissão.

As características de funcionamento variam com as condições impostas ao sistema e, portanto, com cada tipo de comando adoptado.

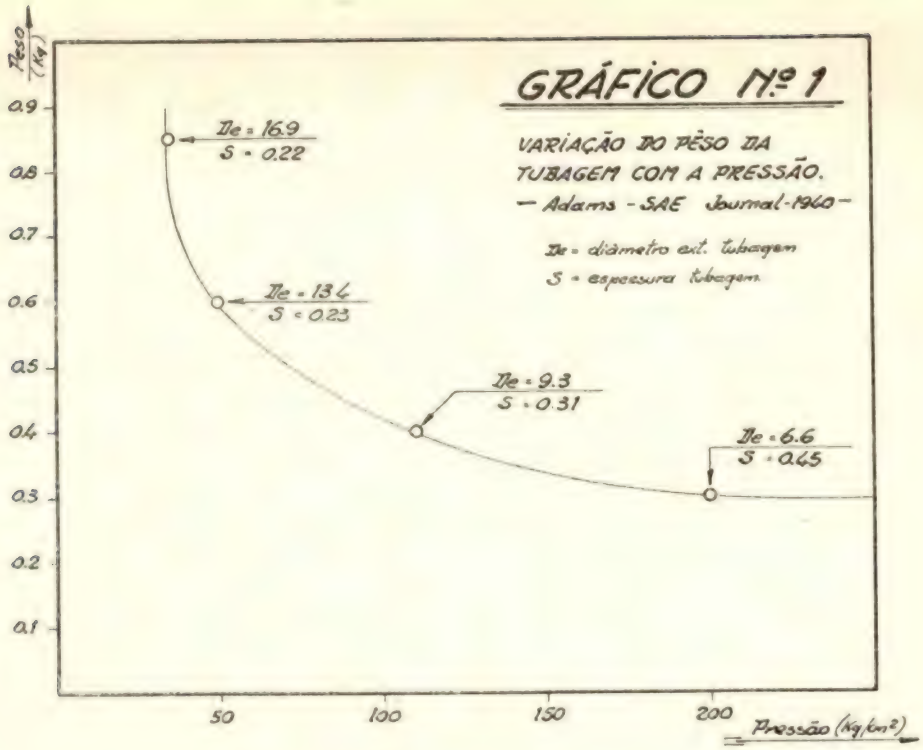
No caso da aparelhagem hidráulica, o peso das condutas e dos diferentes órgãos varia com a pressão de serviço hidráulico. No gráfico n.º 1, Adams dá a curva de variação de peso das tubagens de aço com a pressão. Dele se conclui que não há interesse em aumentar a pressão de utilização acima de 200 kg/cm², pois os pesos passam a aumentar acima dessa pressão (a partir de certo diâmetro a espessura mínima das paredes aumenta mais ràpidamente com a pressão do óleo crescente, do que a diminuição de diâmetro correspondente).

No gráfico n.º 2 dá-se a variação do peso de motores hidráulicos para uma dada potência (KW) em função da pressão (kg/cm²), segundo as pesquizas de Himmler.

Comparando os resultados deste gráfico para um dado número de rotações, 1000 RPM por exemplo, com os do gráfico n.º 3 que dá os mesmos valores, mas para os motores eléctricos, conclui-se que a Hidráulica bate de longe a Electricidade, sob este aspecto.

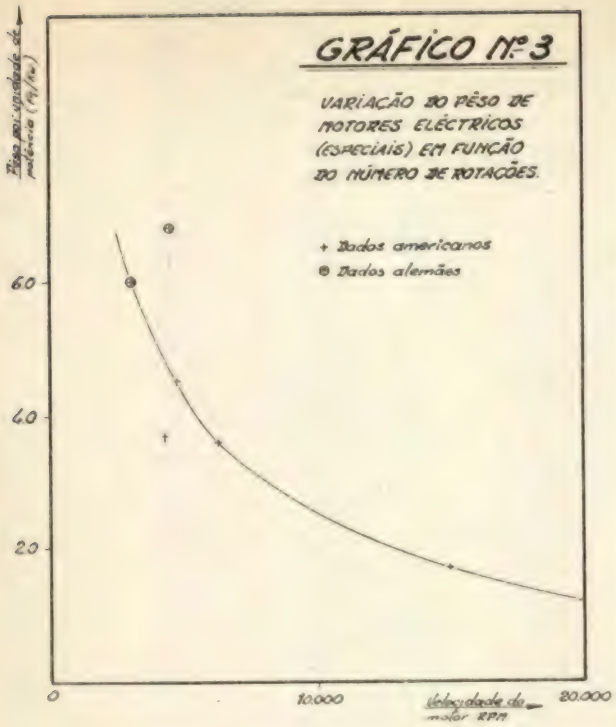
Quanto aos motores eléctricos, deve ter-se ainda em consideração que não se pode reduzir indefinidamente o seu peso, visto que a partir de um certo mínimo a permeabilidade magnética diminui, o que provoca

(1) Conferência proferida durante a *1.ª Semana de Máquinas*, organização da AEIST, em 22 de Abril de 1953.



um aumento de peso. Quer dizer, ao máximo valor da permeabilidade corresponde um mínimo valor de peso dos motores eléctricos.

As considerações feitas por Adams para as condutas aplicam-se anàlogamente aos cilindros. Adams aconselha a utilização de pressões compreendidas entre 90 e 140 kg/cm², pois para elas se verificam gastos de fabricação mínimos.



B — **Leis fundamentais**

O objectivo fundamental deste trabalho foi o estudo dos circuitos de comando das comportas, e dentre os diferentes órgãos dos circuitos aqueles que pudessem construir-se econòmicamente em Portugal. Era esse o caso dos servo-motores e de algumas válvulas de comando; para as bombas e restantes válvulas teve de se recorrer aos construtores consagrados.

Postas de lado, portanto, as leis referentes à potência, atrito, rendimento e perdas devidas a fugas nas máquinas hidráulicas, restam apenas as leis referentes às perdas devidas ao atrito no escoamento do óleo nas tubagens e as pressões a utilizar nas tubagens.

As perdas de carga devidas ao atrito no escoamento calculam-se pela fórmula de Poiseuille que convém adaptar a uma forma prática que permita comparar as perdas em escoamento laminar e turbilhonar. Essa fórmula, não homogénea, é:

$$j = \frac{4150\ Q\,\nu}{d^4} \qquad (1)$$

em que:

j — perda de carga

Q — caudal em litros/segundo

d — diâmetro interior da conduta em milímetros

ν — viscosidade cinemática em centistokes

Para saber se o escoamento é laminar basta que se verifiquem as seguintes relações:

$$\left.\begin{aligned} \frac{U\,d}{\nu} &< 2 \\ \frac{Q}{d\,\nu} &< 0{,}0016 \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

em que U é a velocidade média no interior do tubo, expressa em metros/segundo e as outras grandezas são expressas nas mesmas unidades acima indicadas.

Como é evidente que convém ter escoamentos laminares escolhem-se em geral as seguintes velocidades que condicionam os diâmetros a adoptar nas tubagens:

para tubagens sob pressão $U \leqq 2$ a 3 m/seg.
para tubagens de retorno $U \leqq 1$ » m/seg.

Para um comprimento L de tubagem a perda total medida em altura de fluido é:

$$H = j.\,L \qquad (3)$$

Se o fluido tiver um peso específico γ (expresso em kg/cm³) e H estiver expresso em metros, a perda total expressa em kg/cm² será

$$p = \frac{j\,L\,\gamma}{10} \qquad (4)$$

admitindo pràticamente que 10 m de coluna de água equivale a 1 kg/cm².

Os valores de *j* podem determinar-se fàcilmente por intermédio do gráfico n.º 4, estabelecido para os valores mais correntes de *Q* e *d* (escalas logarítmicas).

Os fabricantes de bombas de óleo (de carretos, palhetas ou de êmbolos radicais) recomendam viscosidades da ordem dos 150 SSU a 225 SSU a 100° F, o que corresponde a 32 a 49 centistokes a 37°, C (ver quadro I de correspondência de graus de

QUADRO I

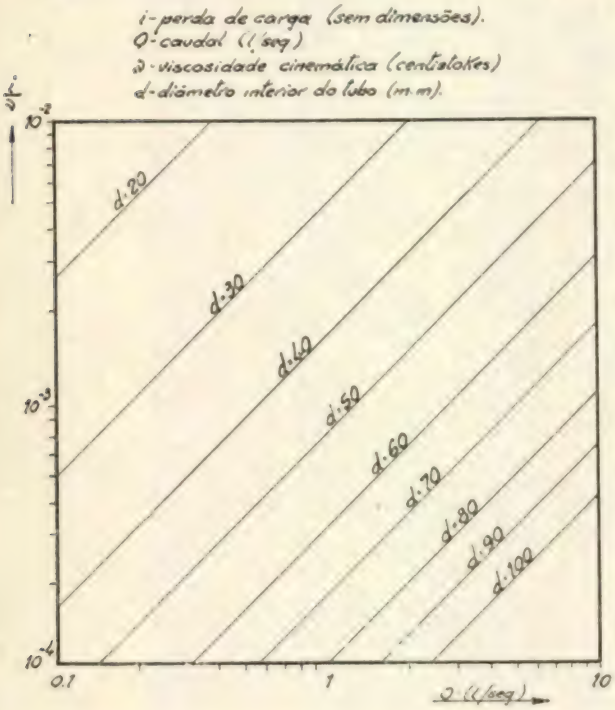
Correspondência aproximada entre as expressões da mesma viscosidade em centistokes — Graus Barbey — Graus Engler — Segundos Saybolt e Segundos Redwood

Centi-stokes	Graus Barbey	Graus Engler	Segundos Saybolt Universal	Segundos Redwood Comercial	Centi-stokes	Graus Barbey	Graus Engler	Segundos Saybolt Universal	Segundos Redwood Comercial
1.500	3,38	197,4	6.818	6.073	410	12,62	53,9	1.864	1.660
1.450	3,5	190,8	6.591	5.870	400	12,7	52,6	1.819	1.620
1.400	3,62	184,2	6.364	5.668	390	12,87	51,3	1.773	1.579
1.350	3,75	177,6	6.136	5.466	380	13	50	1.728	1.539
1.300	4	171,1	5.509	5.263	370	13,5	48,7	1.682	1.498
1.250	4,3	164,5	5.682	5.061	360	14	47,4	1.637	1.458
1.200	4,5	157,9	5.455	4.858	350	14,5	46,1	1.591	1.417
1.150	4,7	152,3	5.227	4.656	340	15	44,7	1.546	1.377
1.100	4,85	144,7	5.000	4.453	330	15,3	43,4	1.500	1.336
1.050	5	138,2	4.773	4.251	320	15,7	42,1	1.455	1.296
1.000	5,2	131,6	4.546	4.049	310	16	40,8	1.410	1.255
950	5,4	125	4.318	3.846	300	16,7	39,4	1.364	1.215
900	5,7	118,4	4.091	3.644	290	17,5	38,2	1.319	1.174
850	6	111,8	3.864	3.441	280	18	36,8	1.273	1.134
800	6,07	105,3	3.637	3.239	270	18,5	35,5	1.228	1.093
790	6,14	103,9	3.591	3 198	260	19	34,2	1.182	1.053
780	6,21	102,6	3.546	3.158	250	20	32,9	1.137	1.012
770	6,28	101,3	3.500	3.117	240	21	31,6	1.091	972
760	6,35	100	3.455	3.077	230	22	30,3	1.046	931
750	6,42	98,7	3.409	3.037	220	22,5	28,9	1.001	891
740	6,5	97,4	3.364	2.996	210	23	27,6	955	850
730	6,66	96,1	3.318	2.956	200	25	26,3	915	810
720	6,83	94,7	3.273	2.915	190	26	25	864	769
710	7	93,4	3.227	2.875	180	28	23,69	819	729
700	7,12	92,1	3.182	2.834	170	30	22,37	774	689
690	7,25	90,8	3.137	2.794	160	31	21,06	728	648
680	7,37	89,5	3.091	2,753	150	34	19,74	683	608
670	7,5	88,2	3.046	2.713	140	35	18,43	637	567
660	7,62	86,8	3.000	2.672	130	39	17,11	592	527
650	7,75	85,5	2.955	2.632	120	40	15,80	547	486
640	7,87	84,2	2.909	2.591	110	45	14,48	501	446
630	8	82,9	2.864	2.551	100	48	13,17	456	405
620	8,25	81,6	2.818	2.510	95	50	12,51	433	385
610	8,5	80,3	2.773	2.470	90	54	12,86	411	365
600	8,75	78,9	2.727	2.429	85	58	11,20	388	345
590	9	77,6	2.682	2.389	80	62	10,54	365	325
580	9,25	76,3	2.637	2.348	75	67	9,89	343	304
570	9,5	75	2.591	2.308	70	72	9,23	320	284
560	9,75	73,7	2.546	2.267	65	78	8,54	298	264
550	10	72,4	2.500	2.227	60	84	8,93	275	244
540	10,1	71,1	2.455	2.186	55	94	7,28	252	224
530	10,2	69,7	2.409	2.146	50	100	6,62	230	203
520	10,3	68,4	2.364	2.105	45	112,5	5,98	207	183
510	10,4	67,1	2.318	2.065	40	125	5,33	185	163
500	10,5	65,8	2.273	2.024	35	145	4,70	163	143
490	10,62	64,5	2.228	1.984	30	170	4,07	141	123
480	10,7	63,2	2.182	1.943	25	200	3,46	118	103
470	10,87	61,8	2.137	1.903	20	255	2,87	97	85
460	11	60,5	2.091	1.862	15	320	2,32	77	67
450	11,5	59,2	2.046	1.822	10	475	1,83	58	51
440	12	57,9	2.000	1.781	5	800	1,39	42	37
430	12,25	56,6	1.955	1.741	1	4.850	1,00		
420	12,5	55,3	1.904	1.701					

viscosidade — centistokes, graus Barbey, graus Engler, segundos Saybolt universal e segundos Redwood comercial).

GRÁFICO Nº 4

Escoamento laminar em tubos circulares



No caso de comando de comportas o óleo tem de possuir ainda a característica de incongelabilidade devido à possibilidade de existirem por vezes muito baixas temperaturas nas barragens.

Mas os cálculos estabelecem-se em geral para uma temperatura média da ordem dos 10° C. Pelo gráfico n.° 5 pode determinar-se o valor da viscosidade à temperatura desejada (a recta traçada no gráfico diz respeito à viscosidade de 150 SSU).

Na prática as pressões a utilizar nas tubagens estão limitadas, não só pela espessura das paredes das tubagens, mas principalmente pelos acessórios de ligação entre cada troço de tubagem: tês, cotovelos, flanges, uniões, junções, etc. O que limita principalmente as pressões são os «racords» que se roscam na tubagem, e dentre estes, principalmente, as junções, se bem que estas possam, em certos casos, ser substituídas por flanges. Por tudo isso, e pelas razões apresentadas no parágrafo anterior, parece não ser prudente ultrapassar 160 kg/cm².

C — Segurança contra avarias (roturas)

As avarias que podem dar-se nas tubagens e acessórios respectivos são, principalmente, as roturas.

As soluções a dar são várias e mais ou menos complicadas conforme os casos.

No caso presente de comportas, a solução mais simples consiste na colocação de uma válvula de retenção, o mais próximo possível do servo-motor, para evitar a existência de grandes comprimentos de tubagem em pressão.

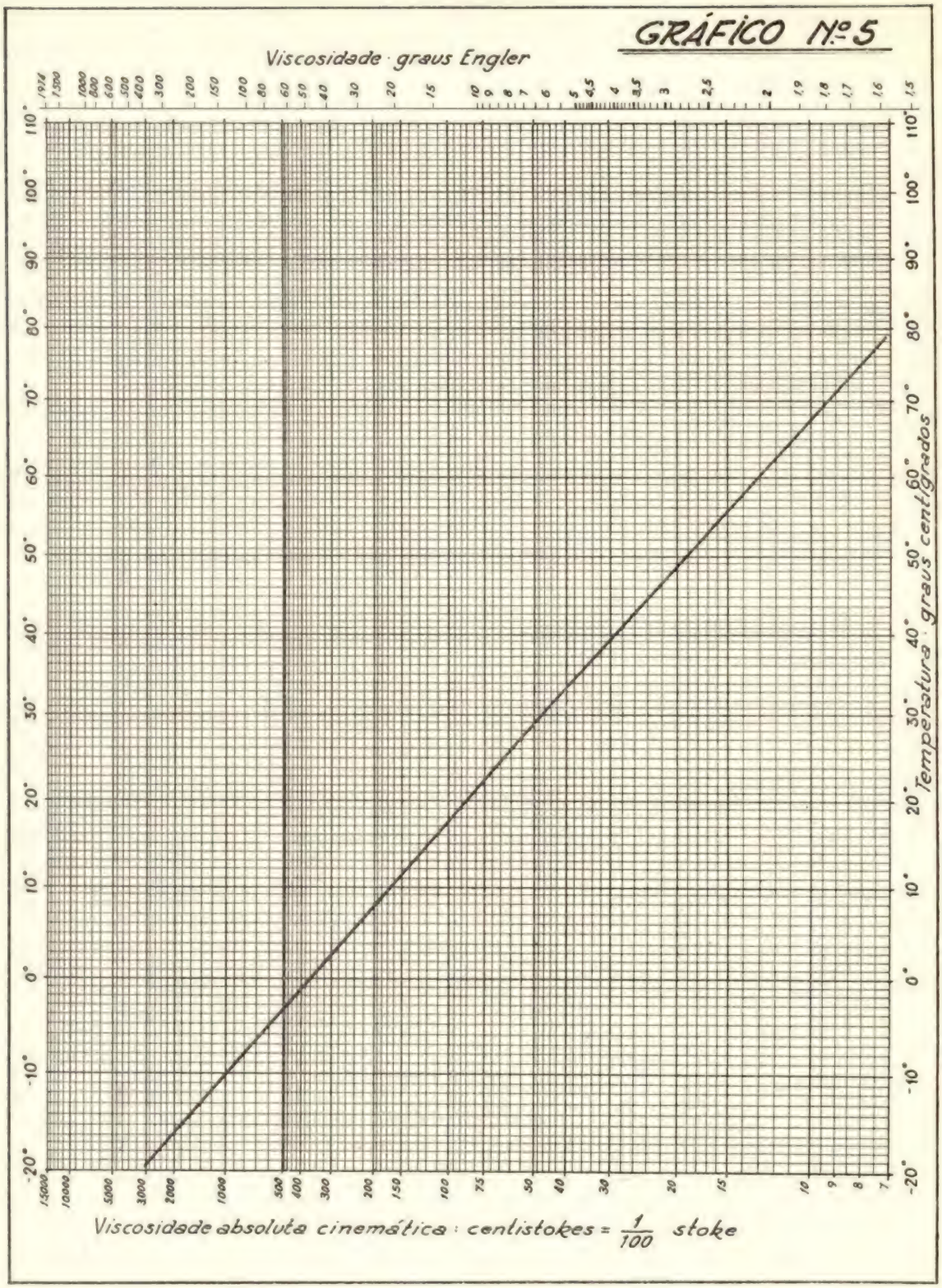
No entanto deve frizar-se que, se se tratar de comportas de segurança, a rotura de uma tubagem actua no sentido da segurança, originando um fecho, embora intempestivo, da comporta. A consequência mais grave pode ser a paragem de um grupo numa central, o que não é, pode afirmar-se *a priori,* uma catástrofe.

Outra solução, para casos em que a abertura das comportas constitui uma segurança (por exemplo, as comportas de um descarregador de cheias), será a da existência de um circuito duplo com ou sem segurança contra roturas.

O princípio deste dispositivo de segurança consiste na comparação do caudal que passa em duas tubagens idênticas, sob pressão, que vão ao servo-motor. O dispositivo pròpriamente dito será um tê onde chega o caudal enviado pelas bombas e donde partem as duas tubagens. No interior há uma válvula flutuante que é mantida centrada por acção de molas. Sempre que numa das tubagens há uma rotura, o caudal que passa não é o mesmo (passa mais caudal pela tubagem rota) e a válvula, deslocando-se, obtura essa tubagem.

Outros sistemas há que podem ser empregados mas que não se justificam no caso em questão.

Também com as comportas não há que prever quaisquer protecções contra fogos, explosões, etc., ao contrário do que sucederia se se tratasse de uma instalação a bordo de um navio ou avião, ou em peças de artilharia.



Variação da viscosidade dos óleos de lubrificação em função de temperatura

D — Dispositivos gerais de um circuito e supressão de perturbações

Um circuito do óleo sob pressão compreende, de um modo geral, um reservatório, uma ou mais bombas, filtro, uma válvula de segurança, um manómetro, válvulas de comando e, em certos casos, uma válvula de retenção e um radiador, além do órgão que é actuado. Na figura 1 está representado um grupo de bombagem completo composto dum grupo electro-bomba, reservatório, filtro e válvula de segurança (fotografia de um dos tipos dos grupos fabricados pela Vickers Incorporated de Detroit, U. S. A.)

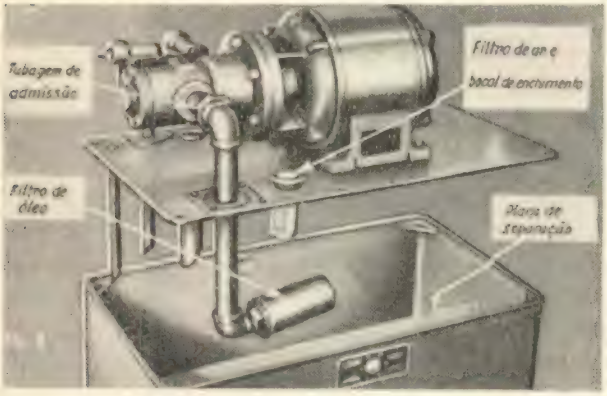


Fig. 1 — Grupo electro-bomba completo

Reservatório

Deve ser concebido de modo que o óleo de retorno não entre em contacto com o ar, para o que a respectiva tubagem deve descer abaixo do nível mínimo admissível.

Este óleo de retorno deve ter a possibilidade de se repousar a fim de se libertar do ar que possa ainda conter. Por isso deve existir uma placa de separação no reservatório entre a tubagem de aspiração e a de retorno.

O reservatório deve possuir um filtro de ar para evitar a entrada de sujidade. O óleo do circuito deve ser limpo e não conter impurezas, fios., e portanto deve assim ser conservado para evitar avarias nas bombas e nos outros aparelhos.

Bombas

As bombas devem ser bem alinhadas à montagem para evitar desgastes prematuros nos empanques do veio, ou mesmo o empenamento do veio e gripagem de rolamentos.

As bombas devem rodar às velocidades prescritas pelos construtores para se evitar um desgaste prematuro (número de rotações elevado) ou que não realizem as características previstas (número de rotações baixo).

Para evitar perdas de carga na tubagem de admissão, o diâmetro desta deve ser tal que a velocidade do óleo nela não ultrapasse 1 m/seg. Em qualquer caso, é recomendável que a perda de carga total devida à tubagem e filtro não ultrapasse 0,2 kg/cm^2.

Devem evitar-se entradas de ar na tubagem de admissão e no filtro (colocação a um nível conveniente abaixo do nível mínimo no reservatório) para evitar ruídos e mau funcionamento da bomba.

Válvula de segurança

Deve ser regulada antes da entrada em serviço de um sistema hidráulico, para se ter a certeza que não se ultrapassa a pressão de serviço e que, portanto, todos os aparelhos não sofrerão quaisquer avarias devido a uma sobrepressão.

Manómetro

Deve poder marcar pressões até 1,5 vezes a pressão de serviço, para se poderem fazer os ensaios de pressão das tubagens e prever quaisquer sobrepressões.

Filtro

De um modo geral o filtro, numa instalação, coloca-se imediatamente antes do aparelho mais sensível. Como no caso dos circuitos das comportas a bomba é o aparelho mais sensível, o filtro deve colocar-se na tubagem de aspiração.

Válvulas de comando

Deve sempre fazer-se o retorno das fugas de cada aparelho sempre que isso é reco-

mendado pelo seu construtor. Quando se receia que a tubagem de retorno possa estar sujeita a uma certa pressão, deve prever-se o retorno das fugas directamente ao reservatório.

A válvula de retenção deve existir sempre que há necessidade de manter circuitos em pressão. É esse o caso da maioria dos circuitos hidráulicos de comando das comportas.

Deve prever-se um radiador sempre que se suponha que a temperatura do óleo atinja valores superiores a 90° C. Como de um modo geral as temperaturas nas barragens não são muito elevadas, e o tempo durante o qual as bombas funcionam nunca é muito grande, segue-se que não há necessidade de radiadores nos circuitos de comportas. Pelo contrário, no inverno pode haver temperaturas extraordinàriamente baixas, pelo que há necessidade de utilizar um óleo incongelável.

As perturbações que se podem dar num circuito hidráulico, podem diagnosticar-se como se indica no quadro II.

E — Resposta dinâmica de circuitos hidráulicos

A resposta dinâmica de um circuito hidráulico de comando pode resumir-se nos seguintes factores: velocidade de resposta, erro, estabilidade, tempos mortos, oscilações.

O problema da resposta dinâmica é muito vasto e baseia-se na teoria geral dos servo-mecanismos.

Pelo enunciado acima feito se vê que a resposta dinâmica se requere para circuitos de comando de precisão, tais como os comandos de lemes dos aviões, de máquinas ferramentas, etc.

No caso de comando de comportas não há a necessidade de uma resposta dinâmica de precisão para as diferentes manobras. Com efeito, sempre que se desencadeia uma manobra (subida ou descida) ela realiza-se de um modo geral, até ao fim, de um só jacto. Mesmo durante as manobras para vistoria ou montagem, as paragens a meio requerem uma precisão muito relativa.

Por tudo isto não se justifica que se faça um estudo completo do problema, pois ele não tem razão de ser no caso em questão.

II — Comando de comportas

A — Generalidades

Do capítulo anterior tiram-se as seguintes conclusões, ao aplicar-se o que ficou dito ao caso concreto em questão — comando de comportas:

1.° — O comando hidráulico é sob o aspecto económico o mais recomendável.

2.° — Não é porém possível utilizar exclusivamente o comando hidráulico, dada a geral necessidade de haver comandos a grandes distâncias (a partir das centrais hidroeléctricas). É-se portanto obrigado a prever comandos mixtos electro-hidráulicos.

3.° — A maneira mais simples de conseguir a energia hidráulica é por meio de grupos de bombagem, compostos de uma bomba acoplada a um motor eléctrico. O comando deste motor terá de ser evidentemente eléctrico por meio de contactores-disjuntores.

4.° — O órgão de elevação mais adequado é o servo-motor, tanto sob o aspecto económico, como por ser aquele que melhor se adapta às características de funcionamento impostas para as comportas de segurança.

Os guinchos de cabo ou de cadeia, accionados por motores eléctricos, com as convenientes transmissões por engrenagens para obter as necessárias desmultiplicações, não devem ser utilizados a não ser em certos casos.

Para estabelecer umas regras gerais de utilização dos comandos electro-mecânicos tem de se estabelecer a lista dos diferentes tipos de comportas, as diferentes condições de funcionamento, combinando depois os casos possíveis.

B — Condições de funcionamento

As comportas podem ser de simples obturação ou de segurança [1]. As segundas são principalmente as de testa de condutas for-

[1] Não se considerarão as comportas munidas de dispositivos de funcionamento automático.

QUADRO II

Avaria	CAUSA	REMÉDIO
A BOMBA NÃO DEBITA ÓLEO	Sentido de rotação do veio errado	Deve ser invertido imediatamente de forma a evitar que se prenda e que as peças se partam devido à falta de óleo.
	Nível baixo do óleo no tanque	Adicionar o óleo necessário e verificar se o nível de ambos os lados da chapa de separação do reservatório é o mesmo para ter a certeza de que a tubagem de admissão está submersa.
	Tubagem de admissão ou filtros entupidos.	Os filtros devem ser limpos de fios depois de cada adição de óleo novo, visto que este contém uma porção considerável de fios.
	Entrada de ar no tubo de admissão.	Evitará que a bomba ferre, causará barulho e acção irregular do circuito de controle.
	O veio da bomba roda muito lentamente para que a bomba ferre.	Verificar a velocidade mínima,
	Viscosidade do óleo demasiado grande para que a bomba ferre.	Deve empregar-se óleo menos espesso, conforme recomendações para a temperatura e condições de trabalho dadas.
	Veio ou rotor da bomba partido	Substitui-lo.
A BOMBA NÃO DÁ PRESSÃO	A bomba não fornece óleo por qualquer das razões acima mencionadas.	Controlar a circulação do óleo observando o reservatório ou tirando o bujão na tubagem de pressão ao pé da bomba.
	A válvula de segurança não está regulada para dar uma pressão suficientemente elevada.	Bloquear o movimento da máquina ou circulação do óleo e ensaiar com o manómetro.
	Válvula de segurança mantendo-se aberta.	Sujidade na sede da válvula.
	Válvula de segurança permite a passagem pela respiração.	Verificar o circuito de respiração (se o houver) bloqueando a tubagem da respiração próximo da válvula de segurança.
	Rotura no sistema de controle hidráulico (cilindros ou válvulas).	Este deve ser ensaiado independentemente, bloqueando o circuito progressivamente.
	Circulação livre do óleo para o tanque permitida pelo sistema.	A válvula de direcção pode estar numa posição central (todas as aberturas em comunicação) ou qualquer outro tubo de retorno aberto inadvertidamente.
	Furos danificados no corpo da bomba.	Substituir o corpo da bomba e controlar a regulação máxima da válvula de segurança imediatamente após a aplicação de um choque devido a sobrecarga.

Avaria	CAUSA	REMÉDIO
BOMBA FAZENDO BARULHO	Filtro ou tubo de admissão parcialmente entupido ou fechado.	A bomba deve admitir o óleo livremente para evitar cavitações.
	Pequena entrada de ar nas junções dos tubos de admissão da bomba.	Deitar óleo nas junções e aguardar a mudança do ruído em funcionamento. Apertar se for necessário.
	Admissão de ar através do empanque do veio da bomba.	Deitar óleo à volta do veio e aguardar mudança do ruído em funcionamento. Ver indicações anteriores.
	Válvula de segurança ruidosa.	Entrada do ar no sistema através da admissão da bomba ou do empanque do veio (verificar conforme indicado acima).
	Acoplamento desalinhado.	Alinhar e substituir o empanque do veio, conforme instruções precedentes.
	Redução do tamanho dos furos de admissão (papel ou trapo).	Tirar a tampa e limpar com cuidado.
	Bolhas de ar no óleo de admissão.	Verificar se as tubagens de retorno estão abaixo do nível de óleo e bem separadas das tubagens de admissão.
	Ventilador do reservatório entupido.	Deve ser desentupido (respiradouro ou filtro de ar).
	Bomba trabalhando demasiado rápida.	Controlar as velocidades máximas recomendadas.
	Viscosidade do óleo demasiado elevada.	Empregar óleos de 150 a 225 SSU a 100° F. para as temperaturas habituais.
	Filtro demasiado pequeno.	A capacidade do filtro pode ser adequada sòmente quando limpo, devendo portanto ter uma capacidade maior.
FUGA EXTERIOR À VOLTA DA BOMBA	Empanque do veio gasto.	Substituir o empanque do veio.
	Pressão de óleo na tubagem de aspiração.	Às vezes é necessária, mas normalmente causa uma pequena fuga.

çadas que põem ao abrigo a central de uma inundação, como, por exemplo, no caso de rotura de um envólucro de turbina.

As comportas de segurança, que têm de fechar num tempo mínimo são, normalmente, do tipo vagão ou lagarta (fecham pelo peso próprio não constituindo o atrito força suficiente para o impedir).

As comportas de obturação podem ter variadas condições de funcionamento conforme a sua utilização, mas de um modo geral abrem ou fecham lentamente.

Em especial no caso de comportas rodando em torno de eixos é mais difícil estabelecer normas para a sua utilização, mas, de um modo geral, têm-se utilizado comandos electro-mecânicos, até ao presente. Por outro lado, estas comportas são, em geral, atacadas em 2 pontos, o que complica um eventual emprego de comandos hidráulicos ([1]).

C — Tipos de comando

De acordo com o que ficou atrás dito, poder-se-ão estabelecer as seguintes regras, para as quais se admitem desde já excepções para os casos em que se justifique não seguir a regra (desde imposição dos clientes até soluções provenientes de se encarar o equipamento de uma barragem ou central no seu conjunto). Assim ter-se-á:

1.º caso — Comportas de segurança do tipo lagarta ou vagão.	comando electro-hidráulico (grupos electro-bombas e servo-motor).
2.º caso — Comportas de simples obturação do tipo corrediça (grandes dimensões e esforços de manobra).	comando electro-hidráulico (grupos electro-bombas, servo-motor e eventual encravamento na posição da abertura).
3.º caso — Comportas de simples obturação do tipo corrediça (pequenas dimensões e esforços de manobra até 20 ton.)	comando mecânico (macacos de cremalheira).
4.º caso — Comportas de simples obturação do tipo corrediça (grandes dimensões, não funcionando em carga) (caso geral das ensecadeiras).	comando mecânico (talhas ou diferenciais), em certos casos electro-mecânico (diferenciais eléctricos).
5.º caso — Comportas de simples obturação do tipo vagão ou Stoney (grandes esforços de manobra).	(comando electro-mecânico guinchos de cremalheira, de cabo ou de cadeia actuados por motores eléctricos) eventualmente comando electro-hidráulico-mecânico (guinchos de cremalheira, de cabo ou de cadeia actuados por motores hidráulicos sendo a pressão de óleo fornecida por grupos electro-bombas).
6.º caso — Comportas rodando em torno de um eixo (grandes dimensões e esforços de manobra).	comando electro-mecânico (guinchos de cremalheira, de cabo ou de cadeia actuados por motores eléctricos), eventualmente comando electro-hidráulico-mecânico (ver 5.º caso).
(pequenas dimensões e esforços de manobra).	comando mecânico (guinchos manuais de cabo ou cremalheira).

No presente trabalho apenas se tem estudado o comando hidráulico e, por isso, só interessam os 1.º e 2.º casos, visto o 5.º e 6.º casos serem de tipo mixto.

III — Sistematização dos esquemas do comando

A — Comportas de segurança

Os órgãos de comando e manobra devem permitir a realização das seguintes opera-

---

([2]) Que se conheça, apenas nas maiores comportas de sector que existem e que foram montadas no descarregador de cheias de Castelo de Bode, se introduziram comandos hidráulicos. As razões da sua utilização foram entre outras, as dificuldades de implantação de guinchos de cabo, de cadeia ou de fuso, que não poderiam ficar instalados no coroamento da barragem, a dificuldade de se armazenar a cadeia no caso dos guinchos deste tipo, os enormes esforços em virtude das dimensões das comportas (largura 14,08 m, altura 8,5 m, raio de curvatura do tabuleiro 11,5 m, carga de água 30 m), etc., etc.

A solução adoptada foi a de 2 servo-motores actuando cada um, a extremidade de viga de suspensão da comporta, solução esta que permitia que quaisquer vibrações eventuais que o escoamento das águas pudesse transmitir à comporta, fossem amortecidas pela almofada de óleo.

Tais receios que apenas surgiram no espírito de alguns, devido às grandes dimensões das comportas e à sua implantação não normal, foram desmentidos felizmente pelo seu correcto funcionamento após montagem.

A adopção desta solução acarreta algumas complicações aos circuitos hidráulicos — sincronização dos movimentos dos servo-motores, bombas de caudal variável, transmissões mecânicas extremamente compridas.

Por se tratar de um caso único não cabe aqui entrar em pormenores desse circuito.

ções e o seu funcionamento preencher as seguintes funções:

1.º — *Abertura da comporta*

O órgão de manobra deve realizar a elevação de comporta a uma velocidade que varia entre 0,5 e 1 m/min.

Dois casos se podem dar: ou as comportas abrem equilibradas, isto é, com pressões hidroestáticas pràticamente iguais dos 2 lados do tabuleiro, ou abrem em carga, isto é, do lado de jusante não existe água.

No 1.º caso o órgão de manobra tem apenas que vencer o peso próprio do tabuleiro e suspensão de comporta e a elevação efectua-se sem interrupções até se realizar a abertura total de comporta.

No 2.º caso deve efectuar-se primeiramente uma pequena abertura, que permita que a água passe e encha lentamente a conduta. Deste modo se evitam golpes de ariete sempre nocivos. Logo que se dá o equilíbrio das pressões a montante e a jusante do tabuleiro a elevação da comporta prossegue normalmente como no caso anterior.

2.º — *Fecho da comporta*

Como se trata de comportas de segurança o fecho deve efectuar-se ràpidamente, em cerca de 1 a 2 minutos, para que em caso de acidente este não assuma proporções graves.

Pode ser, por exemplo, o caso da rotura de uma conduta forçada, ou do envólucro de uma turbina. O fecho rápido da comporta de segurança evita assim a inundação da central sempre de efeitos desastrosos, sobre as vidas humanas e equipamento electro-mecânico.

O fecho de emergência de uma comporta pode ser desencadeado, quer manualmente, quer automàticamente por meio de detectores de sobrevelocidade colocados nas condutas ou de avisadores de inundação, colocados na central.

No fecho rápido existe um amortecimento em fim de curso de comporta que evita que o cutelo do tabuleiro choque brutalmente de encontro à soleira, danificando-o.

Durante operações de manutenção e conservação, quando houver necessidade de fechar as comportas, deve fazer-se lentamente, pois o fecho rápido dá sempre origem a desgastes prematuros.

Quando houver necessidade de obrigar a descer o êmbolo devido a este não estar ligado à suspensão e tabuleiro da comporta, faz-se actuar a pressão do óleo na face superior daquele.

B — **Comportas de obturação**

As operações de fecho e abertura das comportas não oferecem qualquer particularidade, bastando fazer com que o óleo sob pressão actue na face superior ou inferior respectivamente do êmbolo do servo-motor que comanda a comporta. Isto consegue-se, ou manualmente fechando e abrindo válvulas de isolamento ou elèctricamente carregando em botões de comando que actuam os contactores das válvulas de direcção. Para a descida torna-se necessário utilizar o grupo de bombagem porque o atrito do tabuleiro da comporta nas peças fixas é, em geral, superior ao peso próprio. É este o caso das comportas de tipo corrediça.

C — **Esquemas hidráulicos**

1.º — *Comportas de segurança*

O circuito está indicado na fig. 2 e compõe-se essencialmente de 3 conjuntos:

— grupo electro-bomba
— servo-motor com válvula de descida
— válvula de comando.

O grupo electro-bomba é constituído por uma bomba (e), acoplada a um motor eléctrico (f), a qual aspira óleo de um reservatório (h) através de um filtro (g) e o envia para o servo-motor (a) através da válvula de segurança (d) e da válvula de retenção (c).

O servo-motor é um cilindro dentro do qual se desloca um êmbolo com a respectiva junta de estanquidade.

Da tampa saiem 2 condutas que o ligam

à válvula de descida e ao reservatório, o que permite na descida a rápida evacuação do óleo da câmara inferior para a câmara superior do servo-motor, e na subida a descarga do óleo da câmara superior do servo-motor para o reservatório.

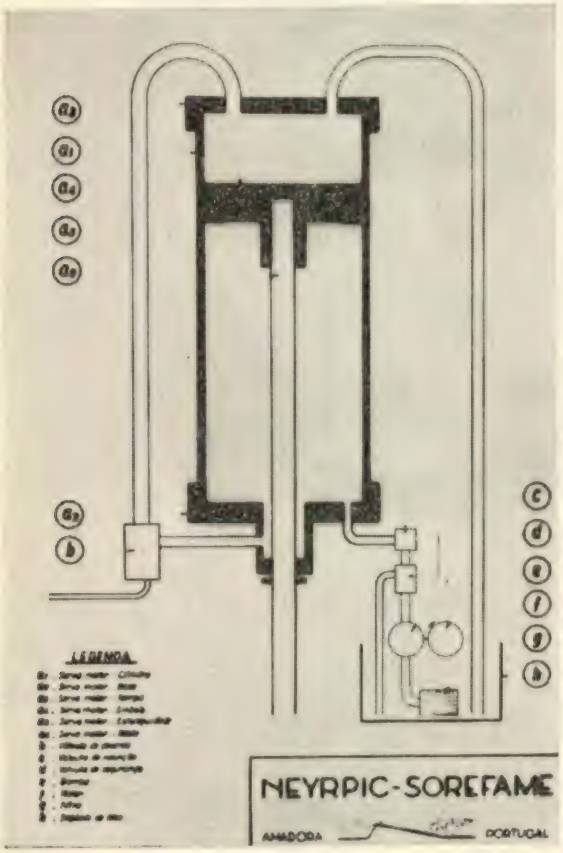


Fig. 2 — Esquema hidráulico das comportas de segurança

A válvula de comando permite comandar a distância a abertura ou o fecho da válvula de descida.

2.º — *Comportas de obturação*

O circuito está indicado na fig. 3 e compõe-se essencialmente de:

— grupo electro-bomba
— servo-motor
— válvulas de comando.

O grupo electro-bomba é de constituição análoga ao do caso das comportas de segurança.

O servo-motor apenas difere do servo-motor do caso anterior no facto de ser de duplo efeito, em vez apenas de simples efeito.

As válvulas de comando podem ser de simples obturação, e comando manual como está indicado na figura, ou verdadeiras gavetas de distribuição comandadas elèctricamente, o que permite o comando a distância.

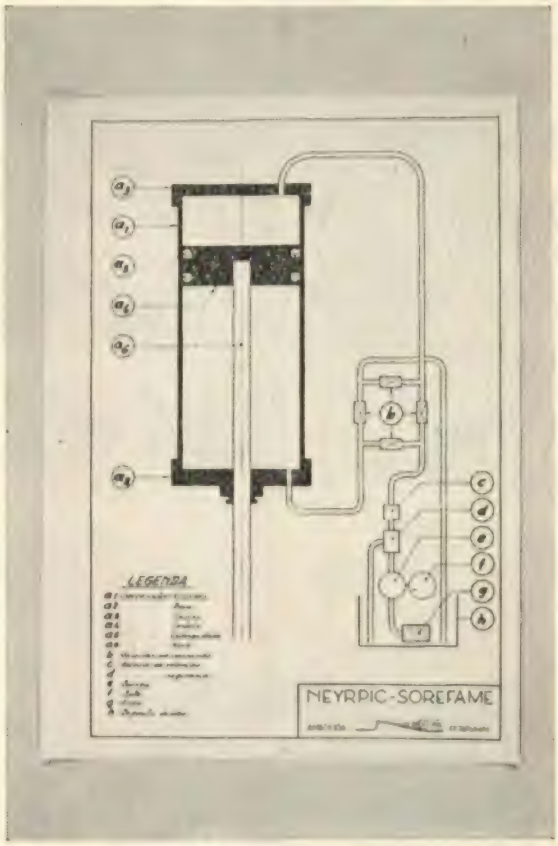


Fig. 3 — Esquema hidráulico das comportas de obturação

Quando se pretende fazer subir a comporta põe-se o grupo de bombagem em ligação com a câmara inferior do servo-motor e a câmara superior em ligação com o reservatório e inversamente para o caso da descida da comporta.

IV — Orgãos do comando hidráulico

A — Produtores de energia (Bombas)

Há duas classes de bombas:

1.º — Bombas de tipo rotativo em que o óleo segue sempre numa dada direcção como por exemplo, as bombas de engrenagens, helicoidais, de palhetas.

2.º — Bombas de tipo alternativo em que o óleo tem também um movimento alternativo; exemplo: as bombas de êmbolos.

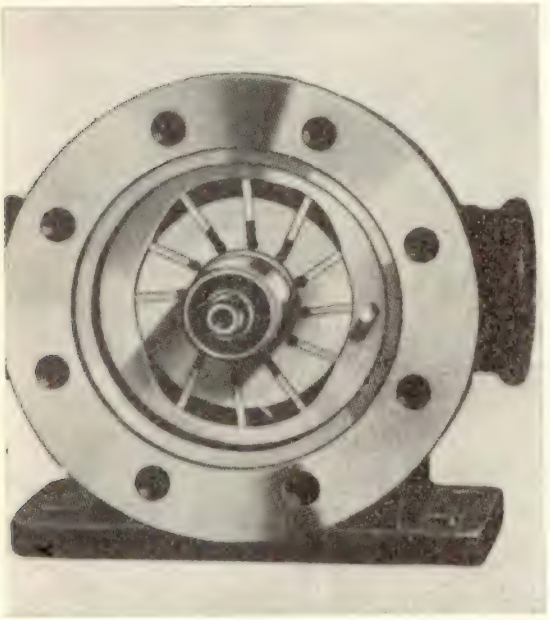


Fig. 4 — Bomba de palhetas

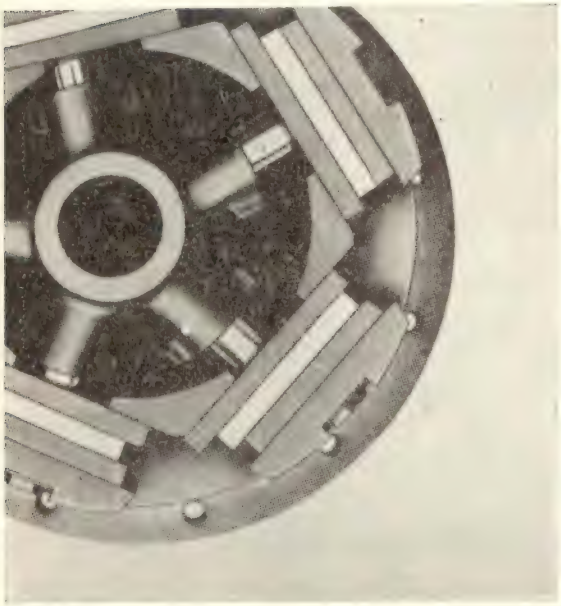


Fig. 5 — Bomba de êmbolos radiais, tipo antigo

Quando se pretendem pressões elevadas é desejável ter bombas de tipo rotativo; porém a partir de certa pressão (cerca de 70 a 100 kg/cm^2) o rendimento volumétrico baixa, e temos de recorrer às bombas de êmbolos.

Quando se pretendem caudais variáveis

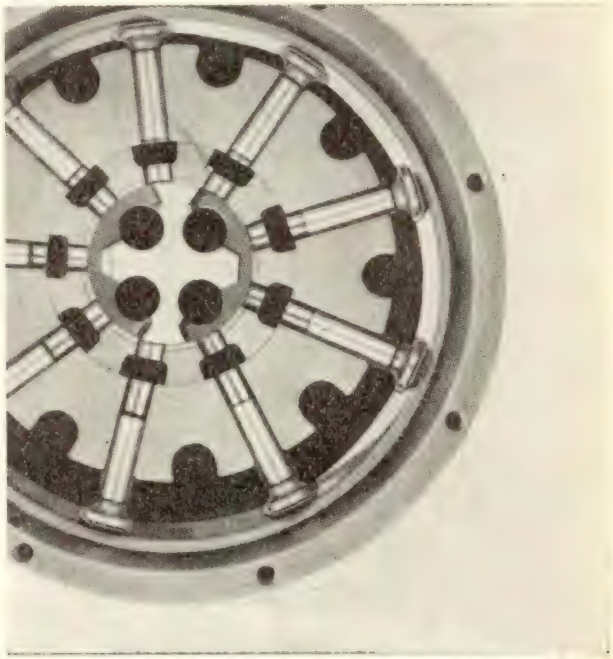


Fig. 6 — Bomba de êmbolos radiais, tipo moderno

temos de recorrer às bombas de palhetas ou de êmbolos, pois as bombas de engrenagens

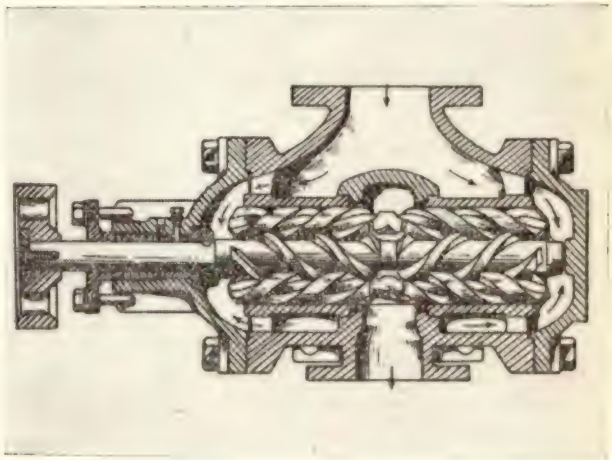


Fig. 7 — Bomba tipo helicoidal

e helicoidais só podem dar caudais constantes.

Na figura 4 está representada uma bomba de palhetas de tipo rotativo corrente. Nas

figs. 5 e 6 estão representadas bombas de êmbolos radiais de tipo antigo e moderno e na fig. 7 uma bomba de tipo helicoidal.

B — Receptores de energia (servo-motores)

Os servo-motores são cilindros, dentro dos quais se deslocam êmbolos com as respectivas juntas de estanquidade. No fundo, que constitui, em geral, base do conjunto, existe o empanque da haste; a haste liga-se ao tabuleiro de cada comporta por meio da suspensão (barras de suspensão) por se tratar de servo-motores de acção directa.

Os servo-motores podem ser de simples ou duplo efeito, para o que basta equipar o êmbolo com uma junta simples ou dupla.

As juntas que normalmente se empregam nos êmbolos são de couro ou de cauchu sintético, e os perfis mais correntes estão indicados na fig. 8 (b), (c), (e), (f) e (g).

Para as hastes empregam-se em geral empanques múltiplos de borracha sintética, como os que estão representados na fig. 8 (a) e (d).

Para as juntas estáticas empregam-se com vantagem as juntas (f) da fig. 8.

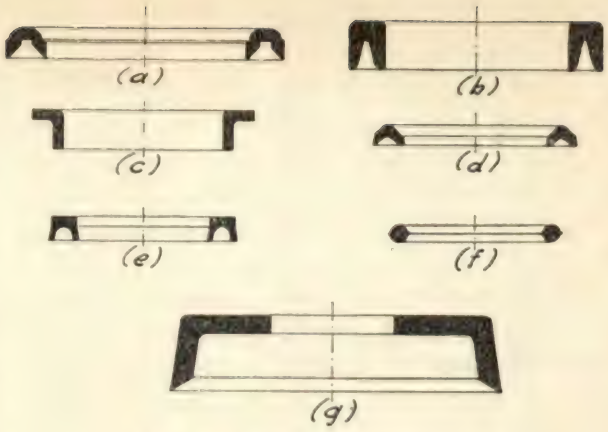


Fig. 8 — Juntas de estanquidade

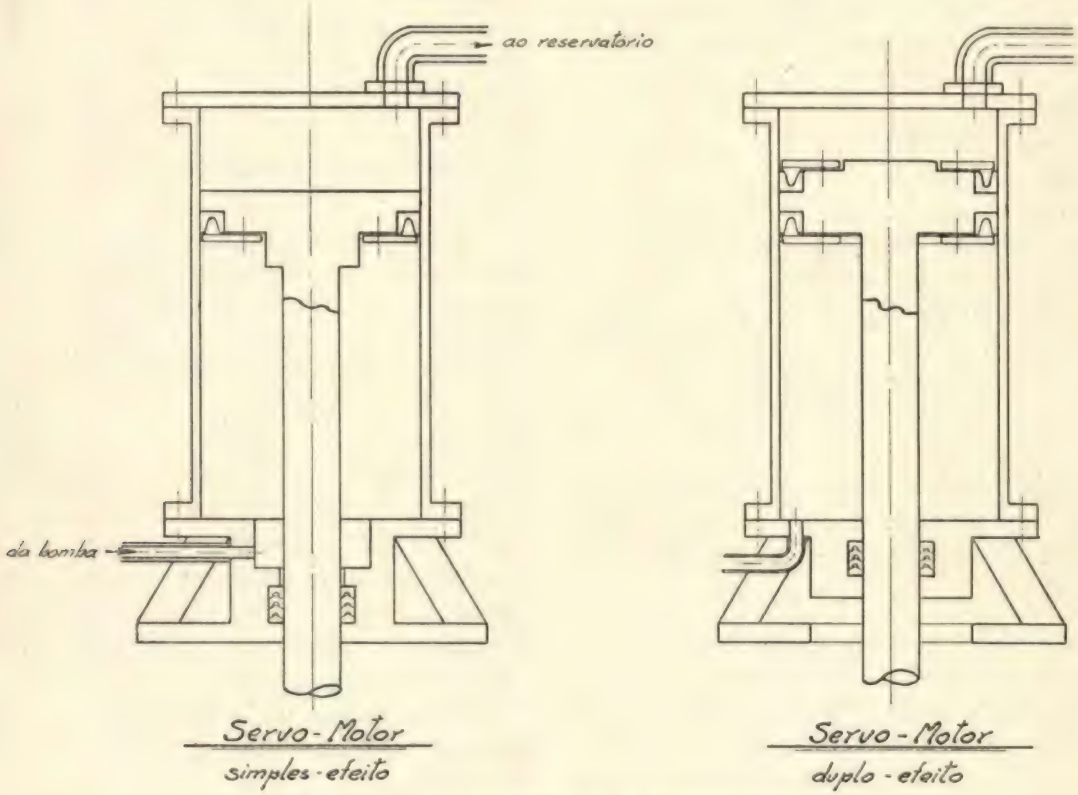


Fig. 9 — Cortes esquemáticos de servo-motores

À tampa e à base dos servo-motores vão ligar respectivamente as tubagens de descarga e de admissão do óleo. Na fig. 9 estão representados cortes esquemáticos de servo-motores de simples e duplo efeito.

C — Válvulas de comando

A diversidade de tipos de válvulas de comando é enorme, e cada construtor adopta soluções diferentes para cada tipo e para cada aplicação. Como existem em todo o mundo centenas de construtores e milhares de aplicações, é impossível de dar, mesmo resumidamente, esquemas representativos.

Vamos apenas classificá-las segundo as suas funções principais e dar uma ideia aproximada das possíveis variantes. Assim temos:

1.º — Válvulas de controle de caudal
2.º — Válvulas de controle de pressão
3.º — Válvulas de controle de direcção.

As válvulas de controle de caudal são em geral de tipo rotativo e comando manual. Permitem regular o caudal, por variação progressiva da secção de passagem, servindo com frequência como válvulas de frenagem.

As válvulas de controle de pressão são em geral de comando automático, embora regulável e de tipo êmbolo. Abrem ou fecham quando a pressão atinge um valor pré-determinado e são frequentemente utilizadas como válvulas de segurança dos circuitos. A regulação é em geral obtida comprimindo ou descomprimindo a mola que actua directamente sobre o êmbolo da válvula.

As válvulas de controle de direcção constituem o grupo mais numeroso. Dentro dele podemos distinguir as seguintes sub-divisões:

— as de funcionamento automático, como por exemplo, as válvulas de retenção que só permitem a passagem do caudal num dos sentidos
— as de tipo distribuidor ou gaveta que enviam o óleo para uma ou outra tubagem conforme indicações de um comando a distância; estas válvulas podem ser de 2, 3 ou 4 vias.

Dentre estas últimas podemos ainda distinguir: as que são comandadas pela pressão, por intermédio de pequenas válvulas, nelas incorporadas; as comandadas directamente pelo operador, por meio de alavanca manual ou com o pé; as comandadas elèctricamente por electro-imans; e as comandadas mecânicamente por meio de cames que actuam os roletes montados nas hastes das válvulas. No caso de válvulas comandadas elèctricamente para tubagens de grande diâmetro e para grandes pressões é costume utilizar o comando mixto por pressão e eléctrico para reduzir as dimensões dos electro-imans. Estes actuam as pequenas válvulas que por sua vez vão actuar as válvulas grandes.

Cada um destes tipos pode combinar-se com os outros, permitindo uma variedade notável. Assim por exemplo é possível combinar uma válvula de retenção com outra de controle de pressão que permita a passagem em sentido oposto ao da válvula de retenção a partir de certa pressão e teremos realizado o que correntemente se chama válvula de pé.

V — Algumas realizações

Os princípios que se expuseram têm sido aplicados com pleno êxito no comando de algumas comportas de segurança e de obturação de barragens existentes, quer no País, quer no estrangeiro, comandos [1] esses que têm sido pela primeira vez construídos em oficinas portuguesas [2]. A segurança de funcionamento é tal que certos fabricantes estrangeiros de turbinas têm permitido que as centrais entrem em funcionamento, antes da colocação das válvulas das turbinas, apenas com a protecção das comportas de testa de conduta comandadas hidràulicamente.

Entre outras pòderão citar-se as seguintes comportas às quais se aplicou o comando hidráulico.

No País:

— *Barragem de Castelo do Bode* (Hidro Eléctrica do Zêzere): comportas de

[1] Servo-motores e algumas válvulas. As restantes válvulas e bombas têm sido importadas da América.

[2] Sociedades Reunidas de Fabricações Metálicas, Ltd.ª (Sorefame).

SOCIÉTÉ APPLEVAGE — PARIS

Teleférico de SERRE-CHEVALIER

OUTRAS FABRICAÇÕES:

PONTES ROLANTES — GUINDASTES — TRANSFORMADORES
EQUIPAMENTOS DE MINAS — CHARIOTS DE MANUTENÇÃO

Algumas referências em Portugal:

Ponte Rolante		260	Toneladas	Central Cabril
»	»	80	»	Subestação Setúbal
»	»	27	»	Central de Matala
»	»	10	»	de aciaria — FRA

Delegados: Agência Geral de Material Eléctrico, L.da

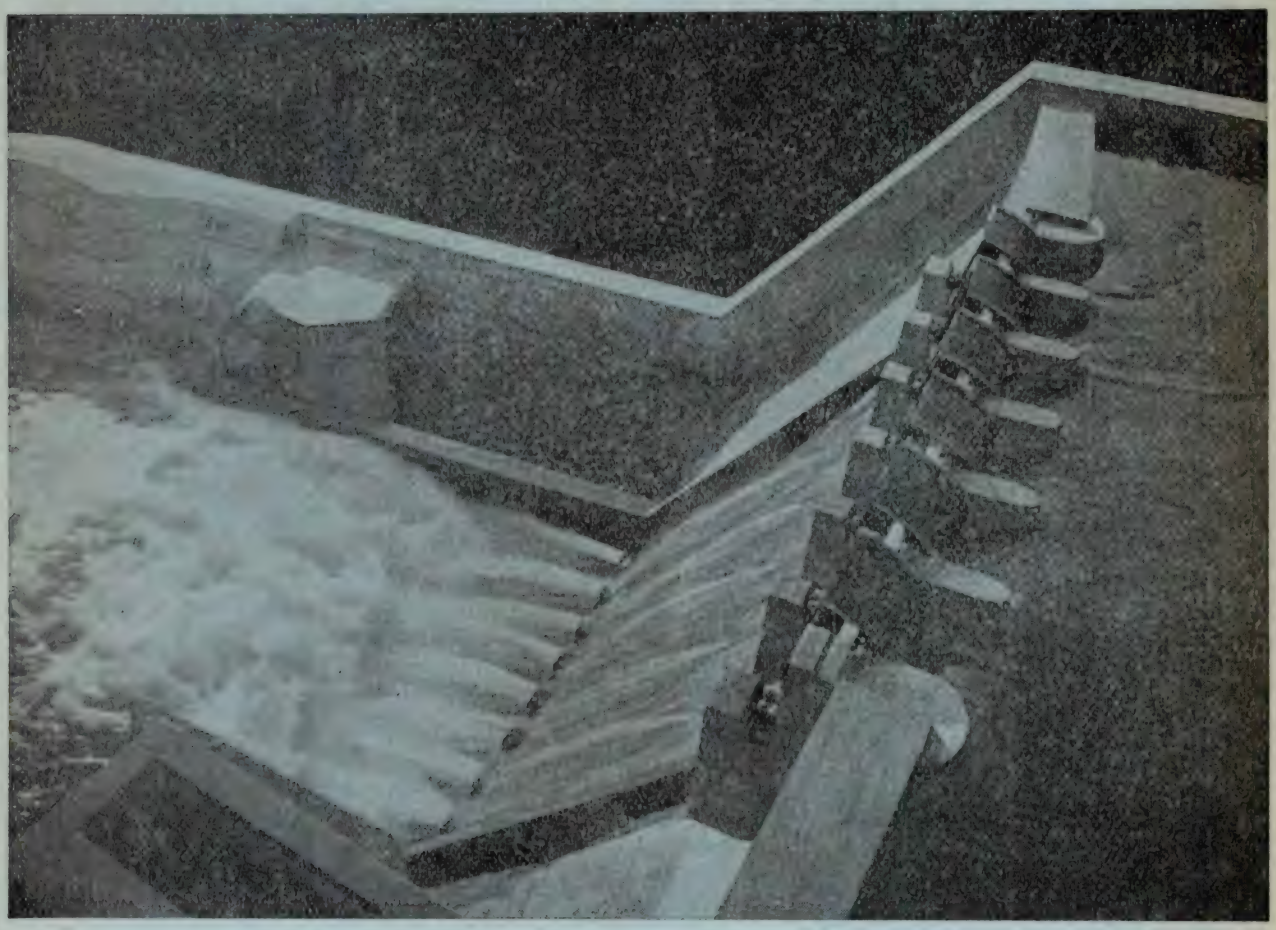
Rua dos Industriais — 4-1.º — **LISBOA** — Telef. 60692 — 66082

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE

GRENOBLE

HIDRÁULICA FLUVIAL E MARÍTIMA — QUEDAS DE ÁGUA

Determinação económica das obras — Desassoreamentos
Aproveitamento dos rios — Eclusas
Utilização da energia das marés
Estudos de portos, de ancoradouros — Docas secas
Protecção do litoral — Estabilidade das praias.



BARRAGEM DE GRANDVAL

Estudo sobre modelo reduzido da dispersão da energia no pé da barragem.
Descarga de uma cheia de 1.900 m/3sec sobre a barragem.

EM PORTUGAL:

LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA
NA AMADORA

"NEYRPIC"

R. Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho
AMADORA Telef. VENDA NOVA 48

lagarta de testa de conduta das 2 descargas de fundo e das 3 tomadas de água principais; comportas de vagão de testa de conduta das 2 tomadas de água auxiliares (na fig. 10 está representado o painel geral de comando destas 7 comportas); comportas de segmento dos 2 descarregadores de cheias.

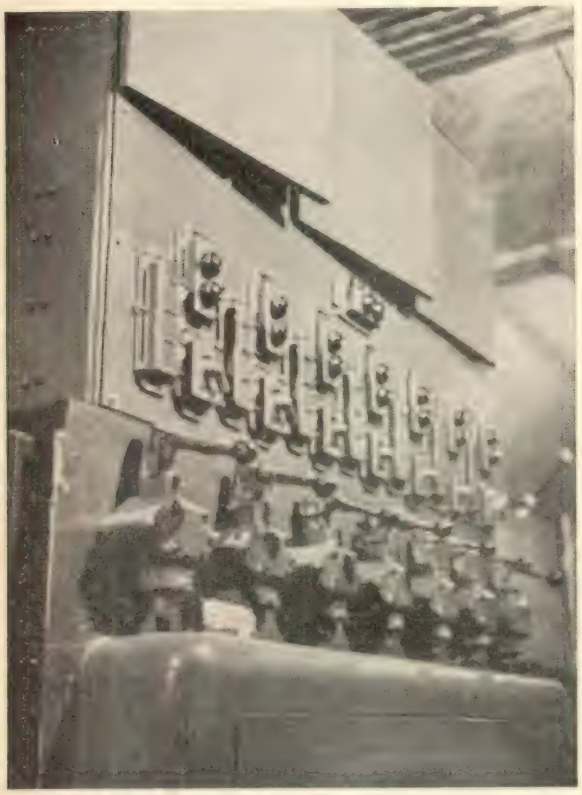


Fig. 10 — Painel de comando das 7 comportas do paramento de montante da barragem de Castelo do Bode

— *Barragem de Venda Nova* (Hidro Eléctrica do Cávado): comportas de lagarta de testa de conduta da tomada de água e de descarga de fundo (na fig. 11 está representado o servo-motor e o posto de manobra da tomada de água).

— *Barragem de Penide* (Companhia Hidro-Eléctrica do Norte de Portugal): comportas de vagão das 2 ensecadeiras de montante das turbinas.

— *Barragem de Campilhas* (Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos): comportas de corrediça da tomada de água e descarga de fundo (2).

— *Barragem de Salamonde* (Hidro Eléctrica do Cávado): comportas de lagarta de testa de conduta da tomada de água e descarga de fundo (em curso de montagem).

— *Barragem de Cabril* (Hidro Eléctrica do Zêzere): comportas de lagarta de testa de conduta das 2 tomadas de água e da des-

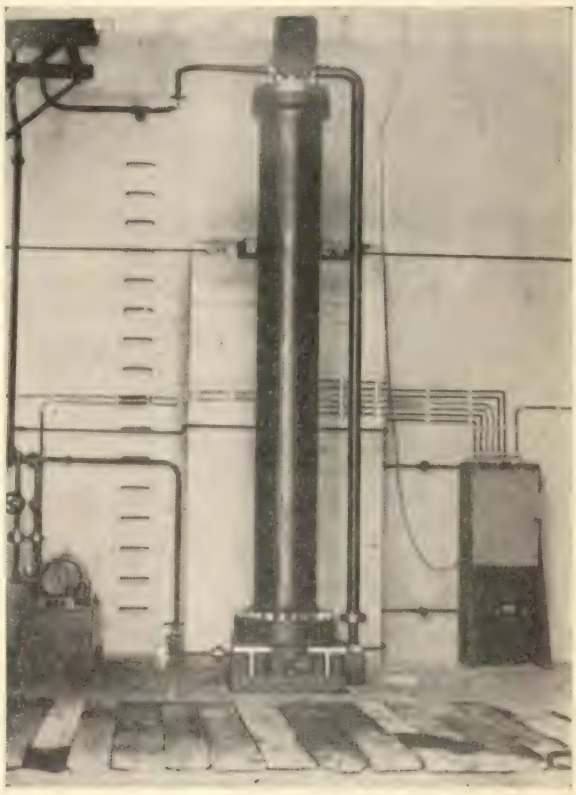


Fig. 11 — Posto-comando e servo-motor da comporta de tomada de água da barragem da Venda Nova

carga de fundo; comportas Stoney dos 2 descarregadores de cheios (em curso de fabricação).

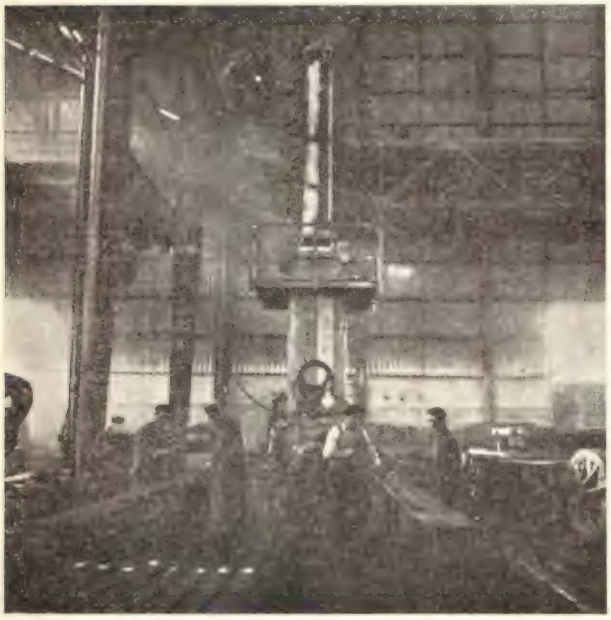
Em Angola:

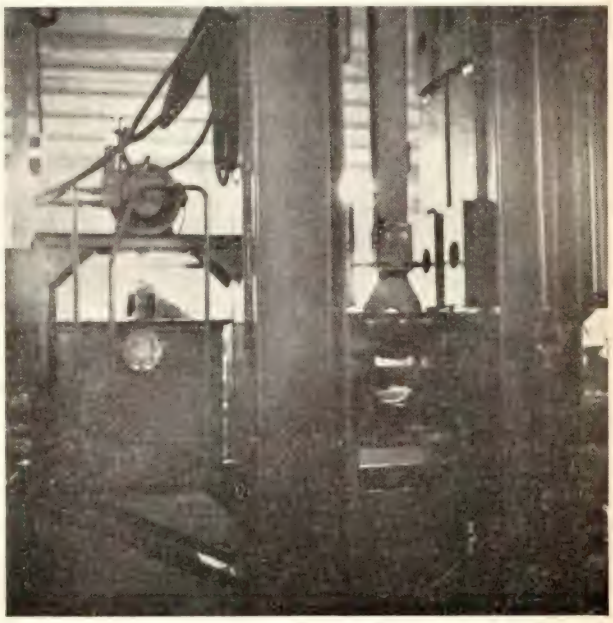
Barragem de Mabubas (Direcção-Geral do Fomento do Ministério do Ultramar): comportas de corrediça de descarga de fundo (2), comportas de vagão das 2 tomadas de água e da chaminé de equilíbrio.

Barragem de Biópio (Direcção-Geral

do Fomento do Ministério do Ultramar):

comporta de vagão de tomada de água; comporta de vagão de testa das 2 condutas forçadas (em curso de estudo).





Figs. 12 e 13 — Banco de ensaios de servo-motores

No Marrocos francês:

Barragem de Bin-el-Ouidane (Energie Electrique du Maroc):

comportas de lagarta de testa de conduta das 3 tomadas de água e 2 descargas de fundo (em curso de montagem).

Os servo-motores construídos desenvolvem forças que variam entre as 20 e as 355 toneladas e têm cursos de 1.500 mm a 7.000 mm.

Os servo-motores são, antes de montados, prèviamente ensaiados em bancos de ensaio a uma pressão de 1,5 a pressão de serviço. Nas figs. 12 e 13 vê-se o servo-motor de descarga de fundo de Salamonde, montado sobre o banco de ensaio; a fig. 13 mostra o pormenor do grupo de bombagem e da fixação da barra de ligação à haste do servo-motor.

VI — Conclusões finais

Começámos no princípio por frizar as vantagens dos comandos hidráulicos sobre os comandos eléctricos e mecânicos. E há na realidade uma crescente utilização dos comandos hidráulicos em muitas máquinas e mecanismos. Assim é com efeito, nos aviões, onde os encontramos no comando do trem de aterragem, alçapões das bombas, lemes, freios das rodas, etc.; nos automóveis aparecem nos freios, nas caixas de velocidade, na lubrificação central automática; nas máquinas motrizes (motores de combustão interna, turbinas hidráulicas e de vapor) existem por exemplo nos reguladores de velocidade; nas máquinas ferramentas há uma tendência cada vez mais marcada para utilizar os comandos hidráulicos ou electrónicos; nas peças de artilharia, quer terrestres, quer marítimas todos os comandos são hidráulicos.

E no caso de certos tipos de comportas parece termos provado suficientemente não ser possível realizar as características de segurança necessárias sem se recorrer aos

comandos hidráulicos, além de que a solução é a melhor sob o aspecto económico.

O que será que o futuro desenvolvimento da hidráulica nos reservará? Não podemos prevê-lo completamente, mas podemos desejar que:

1.º — As bombas se aperfeiçoem cada vez mais.

2.º — As pressões de trabalho aumentem até 300 ou mesmo 500 kgs/cm^2.

3.º — Os acessórios de tubagem e as juntas se aperfeiçoem tornando simples os problemas de montagem.

4.º — As forças hidráulicas sobre os distribuidores se tornem cada vez menores.

5.º — Em resumo, as dimensões e portanto o peso e o custo dos órgãos e canalizações se reduzam ao mínimo indispensável.

BIBLIOGRAFIA

LIVROS:

COMITE D'ORGANIZATION DES MACHINES, HYDRAULIQUES ET PNEUMATIQUES — Code de Construction des récipientes sous pression intérieure ou extérieure non soumis à l'action de la flame — 1ère. édition — Paris.

HIMMLER (C. R.) — La Commande Hydraulique — Dunod — Paris.

GERODOLLE (H) — Calcul des pertes de charge dans les tuyauteries en fonction de la viscosité (R. 1949 — Rx. 257) — Ets. Neyrpic — Grenoble.

REVISTAS:

MACHINE DESIGN — May 1949 — June 1949 — September 1951 (The Penton Publishing Company — Cleveland).

C. D. 621.311.15/9

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.) preparadas nos Serviços do R. N. C. a cargo da Companhia Nacional de Electricidade —

NOTA: *A produção e o consumo da rede das empresas do R. N. C. representam actualmente cerca de 90 % dos respectivos totais do país.*

I — Elementos gerais

a) Mensais (mês de Fevereiro)

10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	92,0	113,3 (1)	+ 23,1
Produção térmica (P_t) . .	8,0	2,2 (2)	— 72,5
Produção total (P_T) . . .	100,0	115,5	+ 15,5
Cons. electroquímico (C_{eq})	16,2	26,2	+ 61,9
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	81,7	88,3	+ 8,1
Consumo total (C_T) . . .	97,9	114,5	+ 16,9

b) Acumulados (desde o início do ano, isto é, de 1 de Janeiro a 28 ou 29 de Fevereiro)

10^6 kWh

	1952	1953	Variação %
Produção hidráulica (P_h)	182,8	238,0 (4)	+ 30,2
Produção térmica (P_t) . .	15,4	7,1 (5)	— 53,9
Produção total (P_T) . . .	198,2	245,1	+ 23,7
Cons. electroquímico (C_{eq})	23,0	54,7	+ 137,6
Outros consumos ($C_T - C_{eq}$)	171,4	187,8	+ 9,6
Consumo total (C_T) (1) . .	194,4	242,5	+ 24,7

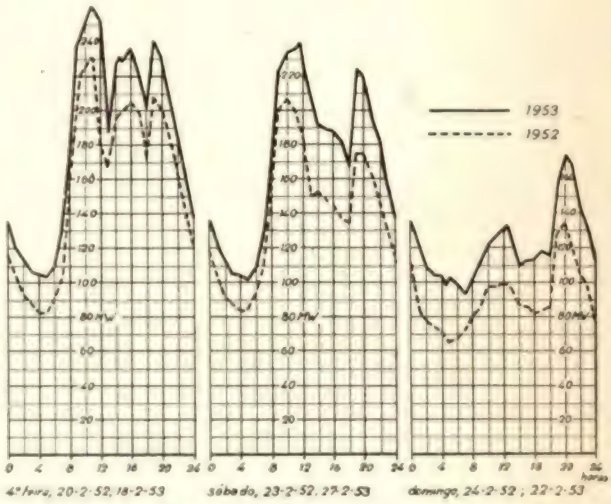
Notas:

(1) No consumo total (C_T) estão incluídas as perdas nas redes de transporte e de distribuição.

(2) 98,1 % P_T. (3) 1,9 % P_T. (4) 97,1 % P_T. (5) 2,9 % P_T.

II — Diagramas de carga da produção

	4.ª feira: 20-2-1952; 18-2-953	
	1952	1953
Produção hidráulica (P_h) — MWh	3.506	4.447
Produção térmica (P_t) — MWh . .	335	36
Produção total (P_T) — MWh . . .	3.841	4.483
Utilização da ponta (U) — horas	16,63	17,11
Factor de carga (α)	0,69	0,71
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r).	0,36	0,40



III — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês de Fevereiro de 1953

Albufeira	Energia armazenada	
	10^6 kWh	% (1)
Venda Nova	38,1	46,0
Guilhofrei	3,5	42,8
Lagoa Comprida	17,6	75,7
Santa Luzia	20,1	59,6
Castelo do Bode	101,2	69,3
Pracana	7,9	76,6
Póvoa	3,2	32,7
Total (2)	195,9	59,9

Notas:

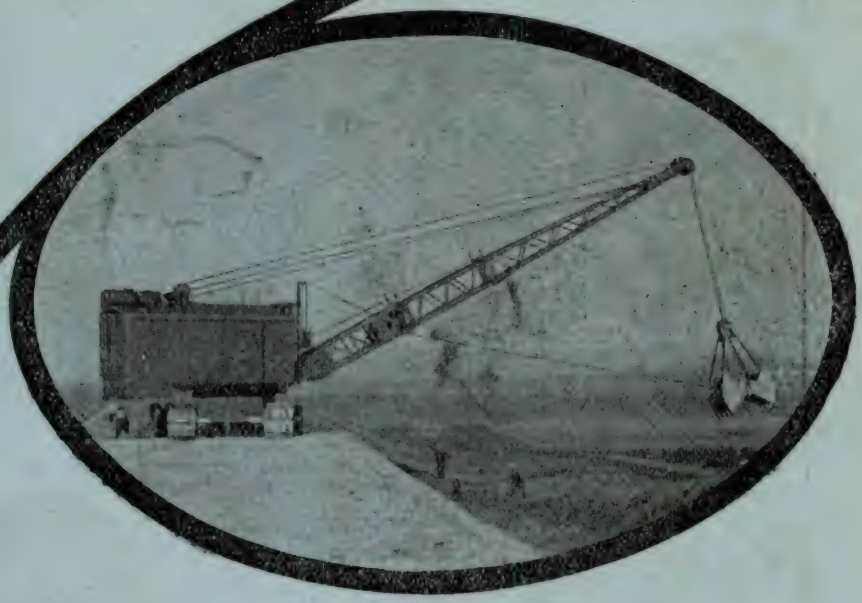
(1) Coeficiente de enchimento em energia.

(2) Total da rede das empresas do R. N. C.

Escavadora universal "MENCK"

Modelo M-250, com balde de garras de 1,7 m³

MENCK



Representantes em Portugal:

Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, L.da
PORTO — Praça da Liberdade, 114

Eng.º J. E. Michaëlis de Vasconcellos
LISBOA — R. Fialho de Almeida, 1

SKF

A marca de rolamentos mais espalhada em todo o mundo devido à sua qualidade insuperável

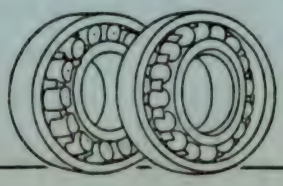
Representantes exclusivos para

PORTUGAL e COLONIAS:

SOCIEDADE SKF LIMITADA

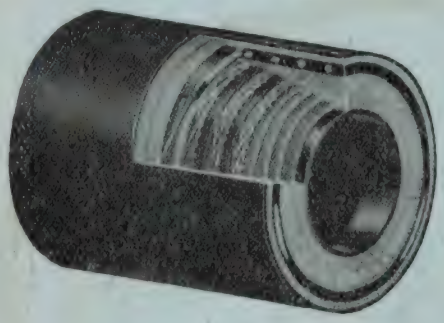
LISBOA
Praça da Alegria 66 A
Tel.: 33995, 34223

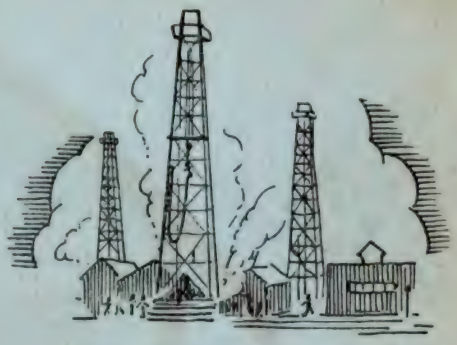
PORTO
Av. dos Aliados 152
Tel.: 21396



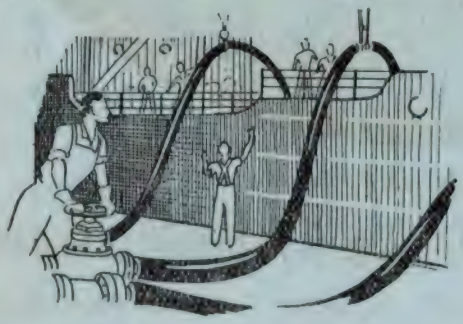
Nas Indústrias do Petróleo

Desde a extracção

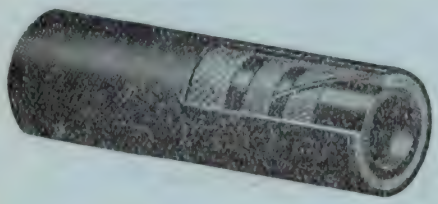


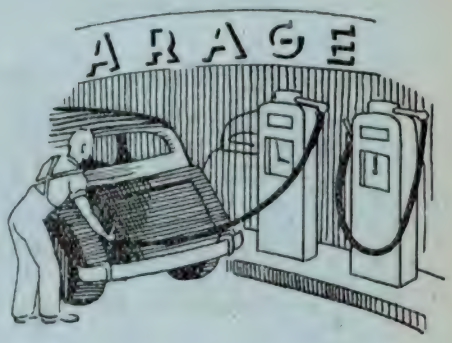


passando pelo transporte



até à distribuição





O nome

GOODYEAR

é conhecido em todo o mundo

Distribuidores exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA**

R. dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

Teleg. { 2 5058 / 2 4502 / 2 1729

Teleg. **CANELASCO**

C. D. 669.688:621.357.9.001.4

DESESTANHAMENTO ELECTROLÍTICO

ENSAIOS-PILOTO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL (I. S. T.) MANUEL CHAGAS ROQUETTE

Entende-se, na indústria, por desestanhamento o processo que permite recuperar estanho e chapa de aço dos desperdícios de folha de flandres. Até há poucos anos (princípios da segunda guerra mundial) tinha preponderância o método pelo cloro, que recuperava o estanho sob a forma de tetracloreto estânico:

$$2\ Cl_2 + Sn \rightarrow Cl_4Sn$$

Esta técnica apresenta, no entanto, dificuldades quer de condução, quer, actualmento, de natureza económica, que já não apresenta o desestanhamento electrolítico, em meio alcalino.

Neste último processo, o estanho é atacado pela solução de soda cáustica, recuperando-se o aço e formando-se estanato de sódio: o estanato de sódio sofre electrólise, depositando-se estanho metálico. As reacções fundamentais podem interpretar-se da seguinte maneira:

no electrólito

$$2\ OHNa \rightleftarrows 2\ OH^- + 2\ Na^+$$
$$2\ Na^+ + 2\ OH_2 \rightarrow 2\ OHNa + 2\ H^+$$

em torno do ánodo

$$2\ OH^- \rightarrow OH_2 + 1/_2\ O_2 + 2\ e$$
$$1/_2\ O_2 + Sn \rightarrow OSn$$
$$OSn + 2OHNa \rightarrow SnO_2Na_2 + OH_2$$
$$SnO_2Na_2 + 1/_2 O_2 \rightarrow SnO_3Na_2$$

no electrólito

$$SnO_3Na_2 \rightarrow SnO_3^{=} + 2\ Na^+$$
$$2\ Na^+ + 2\ OH_2 \rightarrow 2\ OHNa + 2H^+$$

em torno do cátodo

$$2\ H^+ \rightarrow H^2 - 2\ e$$
$$SnO_3^{=} + H^2 \rightarrow SnO_2^{=} + OH_2$$
$$SnO_2^{=} + 2\ H_2 \rightarrow Sn^{++++} + 2\ OH^2 + 6\ e$$
$$Sn^{++++} + 4\ e \rightarrow Sn$$

Verificam-se ainda processos secundários na prática: ataque do chumbo, existente nos desperdícios da folha de flandres (solda), e electrólise dos seus sais; saponificação de óleos e gorduras; deposição de óxidos de estanho, sob a forma de lamas no fundo da tina de electrólise.

Existem ainda outros processos de desestanhamento mas de muito menor importância.

Em Portugal o problema do desestanhamento electrolítico tem especial interesse, visto que devido à nossa indústria conserveira, existe consumo grande de folha de flandres, e consequentemente, quantidade apreciável de desperdícios. O estanho recuperado, depois de submetido a refinação, desde que tenha havido selecção de matéria-prima e boa condução do processo, fornece metal de elevada pureza, que pode ser utilizado em numerosas aplicações. Mas é sobretudo a chapa desestanhada, que pela sua homogeneidade e características, resulta matéria-prima muito interessante. A instalação de desestanhamento electrólito de Canas de Senhorim (Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos) tem obtido, a partir de retalhos de folha de flandres, com teores da ordem 1,2 a 1,4 % de Sn, chapa desestanhada com 0,015 a 0,025 % de Sn, em média, e com o máximo de 0,05 % Sn, em condições normais. A chapa desestanhada apresenta, assim, teores em Sn, ainda infe-

riores aos que frequentemente aparecem em sucatas de ferro normais. Relativamente a outros elementos estranhos, a chapa bem desestanhada tem óptima composição, que a indicam como boa matéria-prima para o fabrico em forno eléctrico de ferro-ligas e de produtos ferrosos de qualidade. A análise de retalhos desestanhados, a seguir indicada, é típica:

Si	vestígios
C	0,091 %
P	0,0014 %
S	0,032 %

No nosso país existem 3 unidades de desestanhamento electrolítico, das quais a mais recente (Canas de Senhorim) tem capacidade suficiente para tratar a totalidade dos desperdícios de folha de flandres, fornecidos pela indústria metropolitana.

I — Realização prática do processo

A instalação de desestanhamento electrolítico, pelo processo alcalino, é constituída fundamentalmente por:

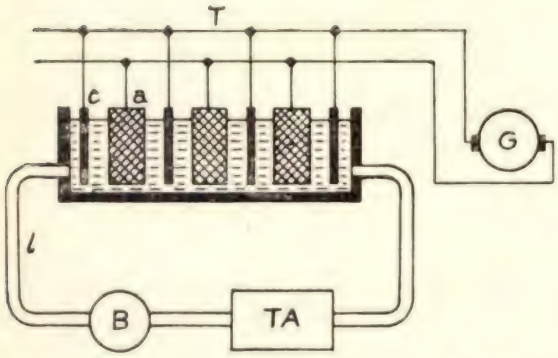
Grupo gerador de corrente contínua;

Células de electrólise, dispostas em vários patamares de tensão;

Tanque de aquecimento do electrólito (soda cáustica) e respectivas canalizações e bombas de circulação.

Na instalação da Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos os cátodos são constituídos por chapa de ferro, e os anodos têm a forma de cestos de malha metálica, onde se introduzem os retalhos desestanhados. A concentração do electrólito oscila entre 5 a 10 % de OHNa total: o título vai sendo corrigido ao longo das diferentes operações, de modo a ter-se o mínimo de 4 % de OHNa livre. O processo é discontínuo e no fim de cada operação os cátodos são levantados e raspado o estanho metálico, que é comprimido, transportado e submetido a refinação; os anodos são descarregados e os retalhos desestanhados, depois de lavados, seguem para as suas diferentes utilizações. O esquema anexo, pretende dar ideia sucinta do processo seguido na indústria.

DESESTANHAMENTO ELECTROLÍTICO
ESQUEMA INDUSTRIAL



G - Gerador de corrente contínua
T - Tina de electrólise
c - Cátodo
a - Ánodo
l - Circulação do electrólito
B - Bomba
TA - Tanque de aquecimento do electrólito

A realização prática do desestanhamento exige conhecimento perfeito dos processos em jogo, instalação electroquímica bem estudada e adaptada a objectivos em vista, colheita de amostras e controle industrial de análise apertado. Desde que se respeitem aqueles condicionamentos, a marcha do processo é tranquila e segura, e os resultados uniformemente bons, podendo-se assim categòricamente refutar a afirmação feita, acerca deste processo, por Mantell a pág. 520 do seu livro *Tin* (2.ª edição — 1949): «control, at best, is always difficult».

2 — Objectivo dos ensaios piloto

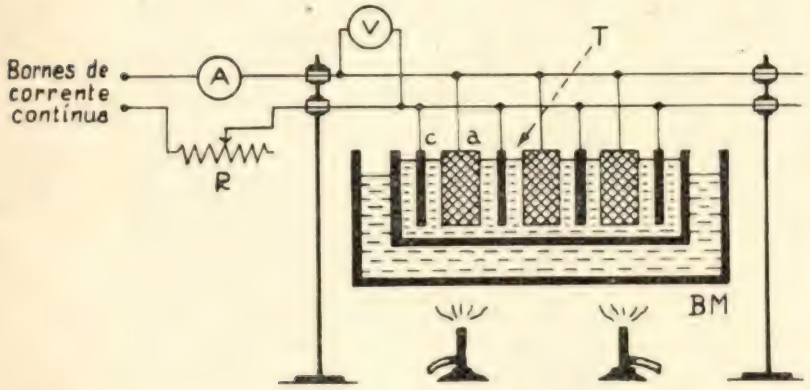
Nas vésperas dos primeiros ensaios da instalação electrolítica de Canas de Senho-

rim, e durante o período de afinação, houve necessidade de efectuar ensaios em escala reduzida, que fornecessem elementos para orientação da marcha da nova unidade industrial. Tivemos, nessa ocasião, a oportunidade de efectuar uma série de ensaios piloto de desestanhamento electrolítico.

Sob o ponto de vista restrito de quantidades tratadas (algumas centenas de gramas por operação, em face das toneladas electrolizadas em cada operação industrial), aqueles ensaios deveriam ser considerados apenas de natureza semi-laboratorial. No entanto, sob o aspecto mais vasto de utilidade para a marcha da unidade industrial, e de relação de resultados obtidos no laboratório e na indústria, não hesitamos em considerá-los, como ensaios-piloto.

A laboração industrial veio confirmar plenamente os resultados previstos nos ensaios piloto. Por outro lado o carácter inédito deste trabalho, no campo do estudo do desestanhamento electrolítico, e o facto dalguns dos princípios e linhas gerais traçados se poderem estender a outros métodos electrolíticos, fizeram-nos considerar de algum interesse, no nosso meio técnico, a publicação das notas a seguir apresentadas.

DESESTANHAMENTO ELECTROLÍTICO
INSTALAÇÃO SEMI-LABORATORIAL



A - Amperímetro
V - Voltímetro
a - Ánodo
c - Cátodo
T - Tina de electrólise
BM - Banho-maria
R - Reóstato

3 — Relacionação de variáveis

O ponto talvez mais delicado na utilização, em escala industrial, dos resultados alcançados no ensaio piloto, é a relacionação entre as variáveis que afectam cada um deles. Nalguns ensaios-piloto, que temos efectuado ou em que temos colaborado, a relacionação de determinadas variáveis torna-se tão complexa ou de natureza tão pouco prática, que surge a necessidade de prosseguir a investigação, dentro de certos campos, já na escala industrial, sem poder tirar conclusões dos valores colhidos em ensaios-piloto. Sob este aspecto as experiências efectuadas de desestanhamento electrolítico, devido à natureza do processo e equipamento em estudo, revelaram-se particularmente felizes: a quase totalidade dos resultados, obtidos semi-laboratorialmente, pôde ser transplantado directamente para a unidade industrial. Evidentemente que tal relacionação só foi possível, depois de estudo prévio suficientemente cuidado. É deste estudo que passaremos, resumidamente, a tratar.

Eram as seguintes as principais características que interessava controlar ou definir:

a) qualidade da matéria-prima a desestanhar
b) qualidade do produto desestanhado
c) concentração e densidade do electrólito
d) temperatura
e) dimensões e disposição das células
f) quantidade de produto desestanhado: grau de enchimento

g) tempo da operação
h) densidade e intensidade de corrente
i) tensão
j) variação da tensão com a intensidade ao longo da operação

a) *Qualidade da matéria-prima a desestanhar*

Foram tratados nos ensaios piloto retalhos de folha de flandres, com cerca de 1,2 % Sn. Tal composição correspondia à média das matérias-primas a tratar. Nalguns ensaios utilizou-se mistura de pedaços de caixas (com tinta, óleos e gorduras) e retalhos normais, para tirar conclusões da influência daquelas impurezas na marcha da electrólise.

b) *Qualidade do produto desestanhado*

Nos ensaios-piloto, não interessou grandemente, o controle da pureza do estanho recuperado, função sempre da qualidade de matérias-primas seleccionadas e do grau de refinação posterior. Pelo contrário foi ligado a maior atenção ao grau de desestanhamento da chapa no fim da operação: a simples observação visual deu indicação relativamente precisa, confirmada depois pela análise. Nos ensaios cujos valores a seguir se indicam, obteve-se sempre chapa desestanhada com o máximo de 0,05 % Sn; um aumento de tempo de desestanhamento, além dum dado valor, não permitiu reduzir sensìvelmente o teor de Sn residual.

c) *Concentração e densidade do electrólito*

As condições de concentração e densidade do electrólito são idênticas no ensaio-piloto e na instalação industrial. Foi estudado o efeito da variação da concentração do electrólito, e a influência da carbonatação, nas condições do desestanhamento. Efectuaram-se, também, determinações de densidade, mas às quais não se atribuíu grande significado, visto que a densidade do electrólito aumenta notàvelmente ao longo das diferentes operações. Esse aumento de densidade é provocado por incorporação sucessiva, no banho, de gorduras e óleos, que vão sendo saponificados pela soda, pela existência cada vez maior de estanato e de outros sais em solução e pelo aparecimento de várias impurezas. A título de exemplo, no fim duma série de operações industriais, numa instalação espanhola, foi tirada amostra média de electrólito, que apresentou as seguintes características:

Soda cáustica livre	0,88 %
Soda cáustica combinada ..	7,35 %
Densidade a 15° C	1,150

Um electrólito, com as características apontadas, permitia desestanhamento, ainda que medíocre. No entanto, não é de modo algum aconselhável, operar em condições tão extremas. Trabalho em tais condições só se pode atribuir a desleixo; visto que nem por economia se pode interpretar, pois a regeneração do electrólito representa parcela muito reduzida do preço de custo do desestanhamento.

d) *Temperatura*

Neste campo também são pràticamente idênticas as condições de trabalho em escala-piloto ou na indústria. Porque se sabia, prèviamente, que a elevação de temperatura favorecia o desestanhamento, trabalhou-se na mais alta zona de temperaturas (55-60° C), que permitia o material (alvenaria de cimento), de que são construídas as tinas de electrólise da instalação industrial.

e) *Dimensões e disposição das células de electrólise*

Foi este o problema de relacionação mais importante entre a unidade industrial e a célula-piloto.

A instalação fabril tinha sido projectada e construída com vários patamares de tensão, ou seja, várias tinas de eléctrólise em série, cada uma das quais com determinado número de cátodos e de ánodos. Como

primeiro condicionamento prático surgiu a imposição de trabalhar na célula-piloto, com o mesmo número de cátodos e ánodos, e idêntica disposição relativa da célula fabril. De facto, qualquer aumento ou diminuição daquele número iria provocar possibilidade de erro na interpretação de resultados, visto que é prudente ter em conta que o aproveitamento das superfícies dos cátodos, que se encontrem nas extremidades das tinas, é muito diferente das superfícies dos cátodos situados entre ánodos. É certo que se define uma superfície catódica total, mas cremos, que essa grandeza só terá valor comparável, se a referência for feita a células com a mesma disposição e igual número de cátodos e ánodos. Variar o número de ánodos e de cátodos, e considerar, para efeitos de comparação, superfície catódica total útil, o somatório das superfícies dos cátodos entre ánodos e de metade da superfície dos cátodos extremos, seria critério cuja falsidade a prática industrial demonstra.

Escolheu-se célula piloto com secção transversal semelhante à unidade industrial (secção quadrada) e o mesmo critério foi seguido para a secção dos cátodos e ánodos. Assim passaram a existir entre as medidas no plano l da célula piloto e L da industrial, e entre as secções transversais respectivas s e S as relações:

$$l = k \cdot L \qquad s = K \cdot S$$

fez-se

$$k = 10^{-1}$$

e portanto

$$K = 10^{-2}$$

Referindo as intensidades de corrente às respectivas densidades de corrente, calculadas a partir duma superfície catódica total, foi fácil estabelecer a necessária relação entre a intensidade da corrente i na célula piloto e I na celula industrial:

$$\sigma' = \frac{i}{\Sigma c} \qquad \sigma = \frac{I}{\Sigma C}$$

sendo:

σ' = densidade de corrente na célula piloto

σ = idem na célula industrial

Σc = superfície catódica total na célula piloto

ΣC = idem na célula industrial

E lògicamente:

$$\Sigma c = 10^{-2}\ \Sigma c$$

$$i = 10^{-2}\ I$$

A relação anterior tem exactidão suficiente dentro dos objectivos em vista.

Pretendeu-se adoptar para escala de comprimentos, no sentido de longitudinal, 10^{-1}, o que equivalia a ter relação de 10^{-3} nas dimensões de volume. Mas tal relacionação teve ainda de ser considerada no aspecto de interferência com:

A) grau de empilhamento de retalhos a desestanhar nos cestos anódicos, e portanto, quantidade de produto a tratar.
B) condições de ataque químico e de circulação de electrólito.
C) tensão na célula electrolítica.

A redução em escala da ordem de 10^{-3} nas dimensões de volume implicava o trabalho, nos ensaios-piloto, com ánodos com volume útil total da ordem de 10^{-3} dos ánodos da célula fabril. Essa redução de volume impunha a necessidade de diminuir, apreciàvelmente, as dimensões dos retalhos a desestanhar, a maneira como eles se encontravam dispostos, e portanto, o grau de empilhamento. Notou-se que para tal redução de escala de volume o grau de empilhamento era duplo do verificado na unidade industrial. Seguiu-se então o critério de adoptar para secção transversal do ánodo 10^{-2}, e para dimensão longitudinal (abertura do cesto) $0{,}5 \times 10^{-1}$: cada cesto anódico passou a conter, portanto, 10^{-3} da quantidade de produto encerrada no ánodo da unidade fabril. Não menos importante, resultou o facto de termos simultâneamente as relações:

$$\frac{A'}{A} = 10^{-3}$$

$$\frac{c}{C} = 10^{-2}$$

$\frac{A'}{A}$ = relação de quantidades de produto a desestanhar por ánodo, na célula piloto e na célula industrial

$\frac{c}{C}$ = superfície catódica, numa e noutra célula.

Para as restantes dimensões, na escala longitudinal, houve vantagem e foi possível adoptar a relação 10^{-1}. Em resumo escolheu-se para relação de volumes o valor aproximado de 10^{-3}; apenas se adoptou a escala de $0{,}5 \cdot 10^{-1}$ para dimensão, segundo o sentido longitudinal, dos ánodos; todas as restantes dimensões lineares foram reproduzidas à escala de 10^{-1}.

O facto de se referenciarem os tempos dos diferentes ensaios em função do tempo teòricamente necessário (rendimento de corrente = 100 %) para desestanhar o produto tratado, permitiu adoptar a solução anterior, sem qualquer dificuldade de relacionação.

Verificou-se também (condição B) que a redução de escala adoptada não fazia variar as condições de ataque nem de circulação de electrólito, em comparação com a unidade industrial. Se aquela redução, e a necessidade de trabalhar com grau de enchimento duplo tivessem alterado a intensidade do ataque químico, haveria a necessidade de rever todo o problema. Por outro lado, constatou-se ainda que a redução de escala adoptada não diminuiu os espaços entre electrodos a valores tais, que a circulação do electrólito e o transporte de iões ficassem prejudicados em relação às condições de trabalho industrial. Se tivessemos constatado impedimentos daquela natureza, teríamos sido obrigados a rever o problema de redução de dimensões, e, muito possìvelmente, seríamos constrangidos a trabalhar com diferentes escalas lineares, depois de estudar a sua influência na relacionação de variáveis.

Além das quedas de tensão existentes nas diferentes células devido ao próprio fenómeno da electrólise, há que ter em conta as quedas de tensão, provocadas pela própria resistência eléctrica do electrólito (condição C):

$$E' = E - \Delta E$$

E' = queda de tensão na célula piloto

E = queda de tensão na célula fabril

ΔE = factor correctivo

A èxistência de ΔE, justifica-se pelo facto de adoptarmos, no sentido longitudinal a razão de proporcionalidade 10^{-1}, e para as superfícies a relação 10^{-2}, e de termos, portanto, assim, feito variar o valor relativo da resistência eléctrica à passagem da corrente oferecida pelo próprio electrólito.

A parcela dV da queda de tensão na célula fabril, devida à resistência do electrólito é directamente proporcional à distância média entre cátodo e ánodo ΔL, e inversamente proporcional à secção catódica:

$$dV = \frac{\rho}{n} \frac{\Delta L}{S} \cdot I$$

n = coeficiente de proporcionalidade que depende também do número de cátodos e de ánodos, e da sua disposição

ρ = resistividade específica média do electrólito

Na célula piloto verifica-se que a queda de tensão dv devido à resistência do electrólito está referenciada da seguinte maneira:

$$dv = \frac{\rho}{n} \frac{\Delta l}{s} \cdot i$$

Δl — distância média entre cátodo e ánodo

Logo:

$$\Delta E = dv - dV$$

$$= 10 \frac{\rho}{n} \cdot \frac{\Delta L}{S} \cdot i - \frac{\rho}{n} \cdot \frac{\Delta L}{S} I$$

porque $\frac{\rho}{n} \cdot \frac{\Delta L}{S}$ é da ordem de 10^{-3} Ω, justifica-se, que, dentro da precisão que se exige em ensaio desta natureza, se possa deixar de considerar a rectificação ΔE e portanto:

$$E' \approx E$$

Logo sob o ponto de vista de relação de tensões a adopção de escalas colhidas, era justificável.

f) *Quantidade de produto a desestanhar; grau de enchimento*

A quantidade de produto a desestanhar, por ánodo, foi 10^{-3} da quantidade tratada em escala industrial.

Houve a necessidade de adoptar grau de enchimento duplo, conforme se indicou atrás. Verificou-se, cuidadosamente, que as condições de ataque químico eram pràticamente idênticas às da indústria.

g) *Tempo de operação*

Os tempos de operação na unidade industrial e na célula-piloto, encontram-se relacionados pelas seguintes expressões:

$$Q = K.\,E.\;\; I.\,T.$$
$$q = K.\,E.\;\; i.\,t.$$

em que:

Q = quantidade de produto recuperado (estanho) por célula industrial
q = idem na célula piloto
K = factor de proporcionalidade
T = duração de operação na unidade industrial
t = idem na instalação piloto
E = equivalente electro-químico

Porque existem as seguintes relações:

$$q = 10^{-3}\,Q$$
$$i = 10^{-2}\,I$$

Resulta:

$$t = 10^{-1}\,T$$

Na realidade, a comparação dos tempos só se justifica para idêntica lei de variação de densidade de corrente, e para densidades de corrente idênticas em tempos equivalentes. Por outro lado, a lei de Faraday aplicada apenas diz respeito aos tempos em que foi efectuado o transporte de material q e Q: no entanto podemos ainda referenciar os tempos totais segundo a expressão $t = 10^{-1}.\,T$, se existir identidade de densidades de corrente para tempos equivalentes segundo aquela fórmula.

Os ensaios piloto, de que se indicam resultados, foram feitos em tempos superiores àqueles que se previa serem necessários para a realização prática do desestanhamento. Consideraram-se rendimentos da ordem de 70 % (os verificados na prática), devido à existência de processos secundários inevitáveis. Além do alongamento de tempo, devido a entrar-se em conta com aquele rendimento, admitiu-se sempre um prolongamento de operação de 10 % por razões de segurança.

Fizeram-se várias experiências em que o tempo da operação foi prolongado até cerca de 3,5 vezes o valor teòricamente necessário para um desestanhamento integral. No entanto, aquele desestanhamento integral nunca foi alcançado, ficando sempre teor em estanho, no retalho desestanhado, nunca inferior a 0,015 %.

Donde se conclui que existe mínimo de Sn, que ficará na chapa a desestanhar, qualquer que seja a duração do processo.

A prática da célula piloto, confirmada depois na laboração industrial, demonstrou não haver vantagem em prolongar a duração da operação além dos 10 % depois do tempo necessário ao desestanhamento, calculado na base do rendimento de 70 %.

O prolongamento de 10 % deve considerar-se na realidade mais como medida de segurança, do que necessidade de laboração em condições normais. De facto, na operação de electrólise, é regulada a densidade de corrente inicial e preestabelecido o tempo de operação, segundo valores baseados num cálculo feito sobre determinada composição de matéria-prima a tratar. Qualquer zona de heterogeneidade importante ou variação da qualidade de matéria-prima, que escape ao controle laboratorial e à vigilância do encarregado da electrólise, pode implicar a existência de maior quantidade de materiais a transportar. Daquele facto resultará, portanto, necessidade de maior duração de electrólise, se quisermos manter o objectivo de bom desestanhamento.

h) *Densidade e intensidade de corrente*

A relação de áreas adoptadas conduziu ao estabelecimento das fórmulas:

$$\sigma = \sigma'$$

$$i = 10^{-2}\ I$$

O trabalho com densidades de corrente idênticas, nas duas instalações (piloto e industrial) fácil relacionação dos tempos, da variação das densidades de corrente com a tensão, e das intensidades.

i) *Tensão*

Devido à queda de tensão, proveniente da resistência do próprio electrólito à passagem da corrente ser desprezível.

$$E' \simeq E$$

De facto determinou-se, por cada célula industrial valor da ordem de 10^{-3} ohm para aquela resistência. Na célula piloto era da ordem de 10^{-2} ohm, também desprezível em face do valor da intensidade da corrente. Há ainda a constatar, que o facto de na célula industrial se trabalhar com electrólito com soda combinada cada vez em maior proporção, tornava ainda menos acentuada aquela diferença. Vejamos, por exemplo, valores comparativos das condutabilidades específicas de soda cáustica e de carbonato de sódio (o principal produto de combinação do electrólito) em condições usuais de trabalho:

Condutibilidades específicas

(Ω^{-1} cm)

OHNa	2 %	4 %	8 %
50° C	0,149	0,270	0,440
60° C	0,168	0,305	0,496

CO_3Na_2	1,06 %	2,65 %	5,3 %
50° C	0,022	0,046	0,077
60° C	0,025	0,052	0,087

j) *Variação da tensão com a densidade de corrente*

Previa-se, de acordo com experiência adquirida noutras instalações e com a própria natureza do processo, aumento progressivo da densidade de corrente, provocado por baixa também gradual da tensão durante a electrólise. Evidentemente que aquela variação só poderia ser directamente comparada com a verificada na unidade industrial, se o sistema gerador de corrente contínua tivesse características indênticas. No entanto as variações observadas na instalação semi-laboratorial, em que se dispunha de fonte de corrente contínua, de potência pràticamente constante, representaram indicações e forneceram mesmo orientação interessante para as condições de trabalho do grupo electrólito industrial.

4 — Resultados dos ensaios-piloto

Foi efectuada série numerosa de ensaios, realizados com os objectivos indicados inicialmente. Em quadros anexos transcrevem-se os resultados dos ensaios, cujo significado maior interesse apresenta.

Desestanhamento electrólito

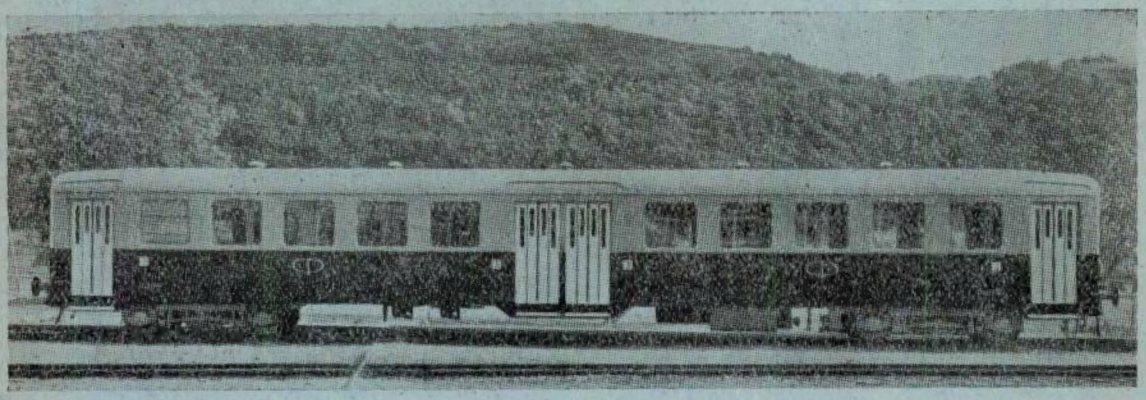
Ensaios-Piloto

Ensaio	Tempo	Intensidade	Densidade de corrente	Tensão	Temperatura
2	0	2 A	51 A/m²	2,4 V	38° C
	15 m	2	51	2,3	42
	30	2	51	2,3	52
	45	2	51	2,3	54
	1 h 15	2	51	2,3	56
	1 45	1,9	49	2,4	57
	2 15	1,85	47	2,43	56,5
	2 30	1,9	49	2,43	56
	2 45	1,9	49	2,46	56
	2 50	1,9	49	2,46	56
3	0	4 A	102 A/m²	1,4 V	51° C
	10 m	3	77	2,2	56,5
	15	2,8	72	2,4	56
	20	2,7	69	2,6	56
	30	2,7	69	2,6	56
	1 h 10	2,9	74	2,42	56
	1 15	2,9	74	2,7	56
	1 25	2,5	64	2,77	56
	1 50	2,6	67	2,82	55
	1 55	2,5	64	2,83	55
	2	2,5	64	2,95	54

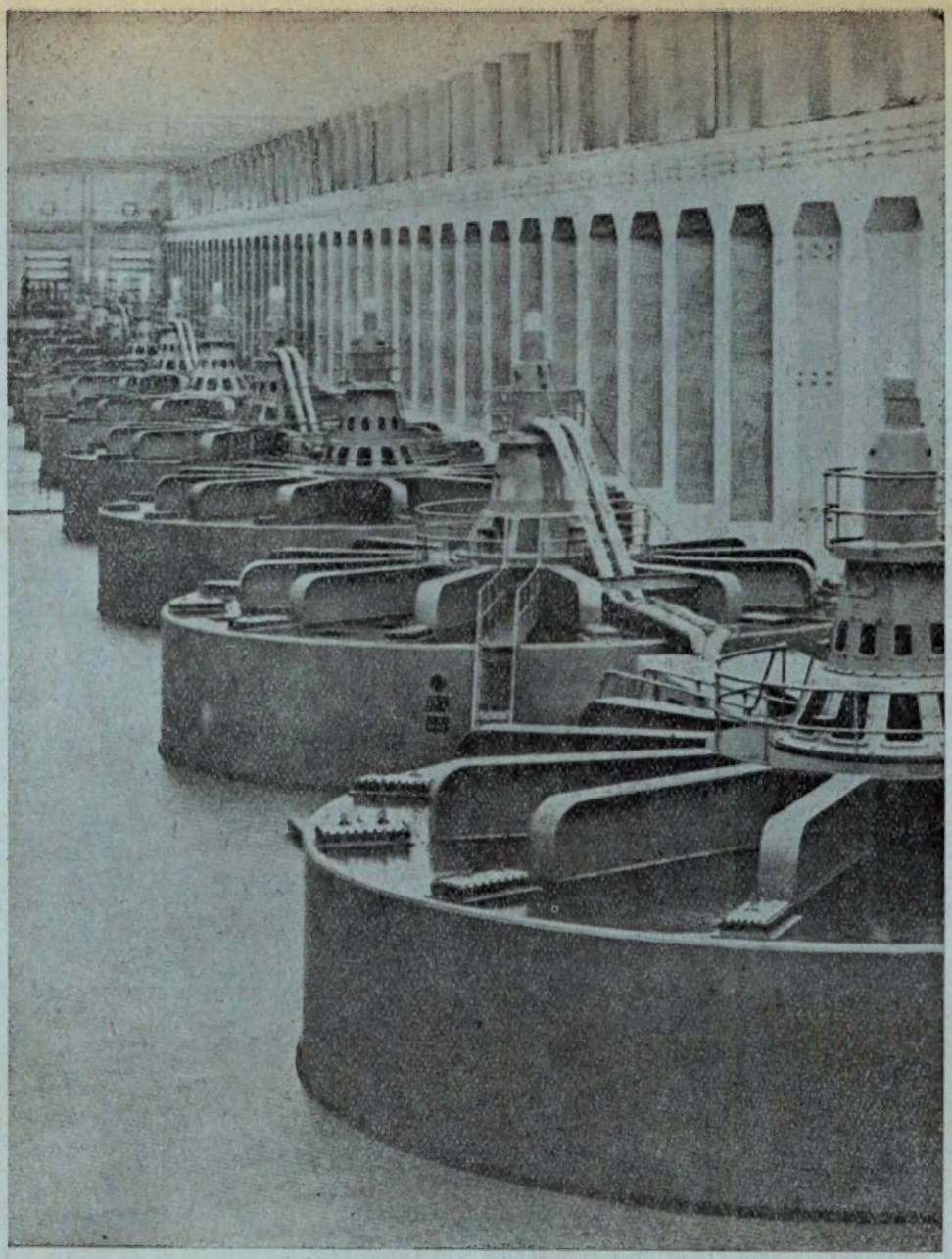
SCHINDLER WAGONS S. A.

PRATTELN (SUISSA)

CONSTRUTOERS
DE MATERIAL
FERROVIÁRIO



Uma das carruagens fornecidas por esta Firma à
Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses
(C. P.)



A GENERAL ELECTRIC NO CAMPO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Central Hidro-Eléctrica contendo 10 grupos com alternadores verticais GENERAL ELECTRIC de 60 000 KVA, cada, instalada na barragem de Bonneville, no Rio Columbia, Estado de Oregon, E. U. A.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA
Rua do Norte, 5

FILIAL NO PORTO
R. Sá da Bandeira, 585